Buku Teks Bahan Ajar Siswa

KELAS
X
SEMESTER 1

Paket Keahlian: Teknik Tanah dan Air

Ilmu Bahan Teknik



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

HALAMAN FRANCIS

MILIK NEGARA

Disklaimer: *Buku ini merupakan buku siswa yang dipersiapkan Pemerintah dalam rangka implementasi Kurikulum 2013. Buku siswa ini disusun dan ditelaah oleh berbagai pihak di bawah koordinasi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, dan dipergunakan dalam tahap awal penerapan Kurikulum 2013. Buku ini merupakan "dokumen hidup" yang senantiasa diperbaiki, diperbaharui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan diharapkan dapat meningkatkan kualitas buku ini.*

Indonesia. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Ilmu Bahan Teknik 1 / Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.-- Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013.

vi, 212 hlm. : ilus. ; 29,7 cm.

Untuk SMK Kelas IX

Penyusun : Ervan Ferdiansyah, ST

Penyunting : Drs. Rusdiono M, MT

Disusun dengan huruf Cambria, 12 pt

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterapilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045)

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

GLOSARIUM

Annealing	:	Proses pengerasan pada baja dengan perlakuan panas
Austenite	:	Sebuah solusi padat besi karbida yang mengalami pendinginan dan membentuk perlit atau martensit
Cast	:	
Casting	:	Proses pencetakan pada baja
Cementite	:	Suatu senyawa kimia yang merupakan konstituen dari besi baja dan menjatuhkan; sangat keras dan rapuh
Convertor	:	Sebuah perangkat untuk mengubah satu substansi atau bentuk atau negara ke lain
die	:	Sebuah alat yang digunakan untuk membentuk logam
Ductility	:	Keuletan
hardening	:	Salah satu proses perlakuan panas untuk mendapatkan struktur padat dan keras pada baja.
Impurities	:	kotoran
Machine ability	:	Kemampuan proses permesinan
Maleableisasi	:	Proses pelunakan pada baja
martensite	:	Sebuah solusi padat karbon pada besi alpha yang terbentuk ketika baja didinginkan begitu cepat sehingga terjadi perubahan dari austenite ke pearlite

Mold	:	Wadah atau tempat ke mana cairan dituangkan untuk menciptakan bentuk tertentu ketika ia mengeras
pearlite	:	Sebuah batu vulkanik yang berair berwarna keabuan luster, atau warna seperti mutiara sering memiliki struktur concretionary spherulitic karena satu yang retak melengkung yang dihasilkan oleh kontraksi dalam pendinginan
pearlitic	:	Berkaitan dengan atau menyerupai perlite, atau pearlstone
Quenching	:	Proses pendinginan cepat pada baja dengan menggunakan media (air atau oli)
tempering	:	Salah satu proses perlakuan panas dengan tujuan untuk memeroleh struktur butiran baja yang halus dan seragam
Weldability	:	Kemampuan proses pengelasan

I. PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Buku Pengetahuan Bahan Teknik ini membahas tentang beberapa hal penting yang perlu diketahui agar siswa mengetahui dan dapat menentukan jenis bahan yang akan digunakan atau di proses pada peralatan pertanian dengan tepat. Cakupan materi yang akan dipelajari dalam buku ini meliputi : (a) jenis-jenis bahan teknik, (b) jenis dan sifat bahan logam, (c) proses pembuatan besi dan baja, (d) perlakuan panas pada baja, dan (e) korosi dan pencegahannya.

Buku ini terdiri atas lima kegiatan belajar. Kegiatan belajar 1, membahas jenis-jenis bahan teknik. Kegiatan belajar 2, membahas tentang jenis dan sifat bahan logam. Kegiatan belajar 3, membahas tentang proses pembuatan besi dan baja. Kegiatan belajar 4, membahas tentang perlakuan panas pada baja, kegiatan belajar 5, membahas tentang korosi dan pencegahannya.

Setelah mempelajari buku ini siswa diharapkan mengetahui dan dapat menentukan jenis bahan teknik yang tepat untuk digunakan pada peralatan pengolahan hasil pertanian dengan tepat.

B. PRASYARAT

Sebelum memulai buku ini, siswa program keahlian mekanisasi pertanian harus sudah menyelesaikan buku-buku yang harus dipelajari lebih awal sesuai dengan diagram pencapaian kompetensi dan peta kedudukan buku.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN BUKU

Untuk memperoleh hasil belajar secara maksimal, dalam menggunakan buku ini maka langkah-langkah yang perlu dilaksanakan antara lain :

1. Bacalah dan pahami dengan seksama uraian-uraian materi yang ada pada masing-masing kegiatan belajar. Bila ada materi yang kurang jelas, siswa dapat bertanya pada guru atau instruktur yang mengampu kegiatan belajar.

2. Kerjakan setiap tugas formatif (soal latihan) untuk mengetahui seberapa besar pemahaman yang telah dimiliki terhadap materi-materi yang dibahas dalam setiap kegiatan belajar.

3. Untuk kegiatan belajar yang terdiri dari teori dan praktik, perhatikanlah hal-hal berikut ini :

   a. Perhatikan petunjuk-petunjuk keselamatan kerja yang berlaku.

   b. Pahami setiap langkah kerja (prosedur praktikum) dengan baik.

   c. Sebelum melaksanakan praktikum, identifikasi (tentukan) peralatan dan bahan yang diperlukan dengan cermat.

   d. Gunakan alat sesuai prosedur pemakaian yang benar.

   e. Untuk melakukan kegiatan praktikum yang belum jelas, harus meminta ijin guru atau instruktur terlebih dahulu.

   f. Setelah selesai, kembalikan alat dan bahan ke tempat semula

   g. Jika belum menguasai level materi yang diharapkan, ulangi lagi pada kegiatan belajar sebelumnya atau bertanyalah kepada guru atau instruktur yang mengampu kegiatan pembelajaran yang bersangkutan.

D. TUJUAN AKHIR

Setelah mempelajari secara keseluruhan materi kegiatan belajar dalam buku ini siswa diharapkan :

1. Mengetahui dan memahami berbagai jenis bahan teknik.
2. Mengetahui dan memahami jenis dan sifat bahan logam
3. Mengetahui dan memahami proses korosi dan cara pencegahannya

E. KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR

Uraian sub-kompetensi ini dijabarkan sebagai berikut:

F. CEK KEMAMPUAN

Sebelum mempelajari buku ini, isilah dengan cek list (√) kemampuan yang telah dimiliki siswa dengan sikap jujur dan dapat dipertanggung jawabkan :

Sub Kompetensi	Pernyataan	Jawaban		Bila jawaban 'Ya', kerjakan
		Ya	Tidak	
Pengetahuan bahan teknik	1. Saya mengetahui dan memahami berbagai jenis bahan teknik.			Soal Tes Formatif 1.
	2. Saya mengetahui dan memahami jenis dan sifat bahan logam			Soal Tes Formatif 2
	3. Saya mengetahui dan memahami proses korosi dan cara pencegahannya			Soal Tes Formatif 3.

Apabila siswa menjawab **Tidak**, pelajari buku ini

II. PEMBELAJARAN

Kegiatan Pembelajaran 1. Jenis-jenis Bahan Teknik

A. Deskripsi

Bahan yang ada disekitar kita pada dasarnya digolongkan menjadi bahan teknik dan bahan bukan teknik. Bahan teknik adalah jenis bahan yang digunakan dalam proses rekayasa dan industri. Bahan teknik dibedakan antara lain bahan organik dan bahan anorganik. Pada umumnya bahan-bahan tersebut dapat kita peroleh dari alam atau didapat melalui proses kimia. Untuk lebih jelasnya mari kita pelajari lebih lanjut megenai bahan teknik.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Kegiatan Belajar

a. Siswa dapat mengklasifikasikan bahan-bahan teknik sesuai dengan jenisnya.

b. Siswa mengetahui dan memahami struktur atom tiap-tiap jenis bahan teknik.

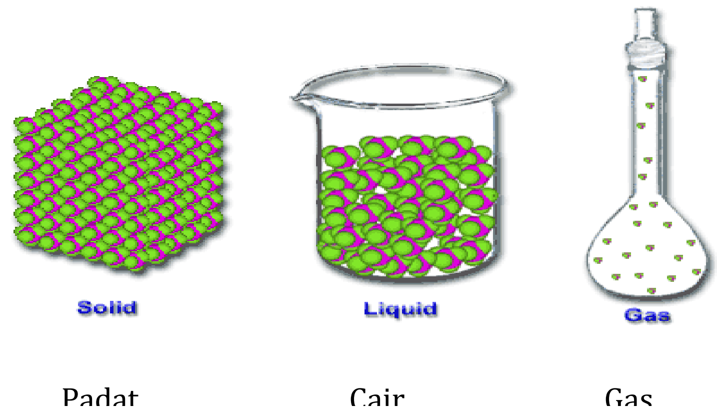
2. Uraian Materi

Bahan Teknik adalah semua unsur atau zat yang berbentuk padat, cair, atau gas yang banyak digunakan untuk kebutuhan keperluan dunia teknik atau industri

a. Padat : Logam, keramik, plastik, kaca, karet, kayu

b. Cair : Pelumas, air, bensin, solar, bahan kimia lain

c. Gas : Oksigen, Asitilin, Hidrogen, CO2 dan lainnya



Gambar 1. Sifat bahan (sumber : google.com)



Gambar 2. Klasifikasi bahan teknik (sumber : google.com)

a. Klasifikasi Bahan Teknik

Bahan yang ada disekitar kita pada dasarnya digolongkan menjadi bahan teknik dan bahan bukan teknik. Bahan teknik dibedakan antara lain bahan organik dan bahan an organik.

1) Bahan Organik adalah bahan yang diperoleh dari alam, misalnya : kayu, batu, karet

2) Bahan An-organik adalah bahan yang diperoleh dari hasil proses kimia, misalnya : gelas, keramik, mika dsb.



Gambar 3. Bahan organik dan an-organik (sumber : google.com)

1) Bahan organik

Bahan alam merupakan bahan baku produk yang diperoleh dan digunakan secara langsung dari bahan alam, oleh karena itu produk akhir yang menggunakan bahan baku ini akan memiliki sifat yang sama dengan bahan asalnya. Yang termasuk dalam kelompok ini antara lain kayu, batu, karet, kulit, keramik, celulosa dan lain-lain.



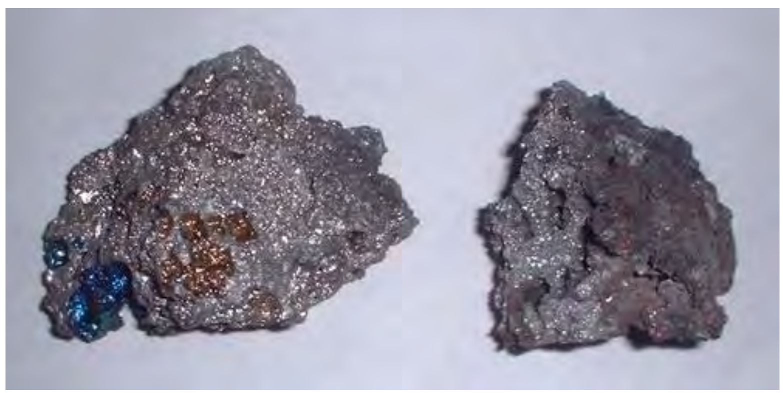
Gambar 4..Kayu (sumber : google.com)



Gambar 5. Getah pohon karet (sumber : google.com)



Gambar 6. Kulit sapi (sumber : google.com)



Gambar 7. Bijih besi (sumber : google.com)



Gambar 8. Batu alam (sumber : google.com)

2) Bahan an-organik

Bahan-bahan tiruan (syntetic *materials*) biasanya diperoleh dari senyawa kimia dengan komposisi berbagai unsur akan diperoleh suatu sifat tertentu secara spesifik atau sifat yang menyerupai sifat bahan alam. Bahan ini dikenal sebagai bahan plastik (*Plastics Materrials*), yakni suatu bahan yang pertama kali dibuat oleh Leo Baekeland seorang Belgia tahun 1907 dan dipatenkan dengan nama *Bakelite*. Molekul yang kita sebut sebagai "*Polymer*" yang berarti, material plastik yang terbentuk dari ikatan rantai atom-atom serta terdiri atas "beberapa unit" ikatan rantai atom-atom tersebut. Oleh karena itu proses pengikatan dengan molekul-molekul kecil ini dikenal sebagai Polimerisasi.

Contoh dari bahan jenis ini ialah *Polyethene* yakni polimer yang terdiri atas 1200 atom karbon pada setiap 2 atom hidrogen sehingga memiliki tegangan serta keuletan yang tinggi dan pada beberapa jenis plastik memiliki regangan yang besar yang diakibatkan oleh rantai ikatan yang panjang.



Gambar 9. Bahan sintetik (sumber : google.com)

b. Sifat Alamiah Bahan Teknik

- Struktur atom dan unsur

Unit struktural dasar paling kecil dari satu materi adalah atom. Atom terdiri dari inti (yang bermuatan positif) yang dikelilingi elektron (yang bermuatan negatif) sedemikian sehingga muatannya seimbang. Jumlah elektron menunjukan nomor atom dan menjadi identitas suatu unsur. Ada lebih dari 100 unsur (lihat tabel periodik di bawah), dan unsur-unsur inilah yang membangun materi.

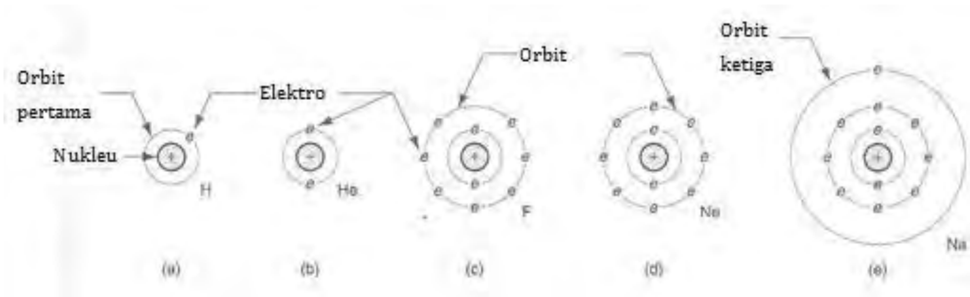
Unsur-unsur logam (*metal*) ada di sebelah kiri dan tengah dari tabel periodik. Sedangkan unsur non-logam ada di sebelah kanan. Di antara area metal dan non- metal ada area transisi yang berisi unsur-unsur yang disebut *metaloid* atau semi-metal.



Gambar 10. Tabel priodik (sumber : google.com)

Di antara unsur-unsur itu, ada persamaan sekaligus juga perbedaan. Persamaan dan perbedaan ini dapat dijelaskan oleh struktur atomnya masing. Dalam gambar di bawah, diperlihatkan model

struktur atomik yang paling sederhana, dimana elektron-elektron berputar dalam orbit di sekeliling inti. Dalam gambar terlihat atom Hidrogen (H) mempunyai satu elektron yang berputar dalam satu lapis orbit. Helium (He) mempunyai dua elektron dan satu lapis orbit. Florid (F) mempunyai 9 elektron dalam dua orbit. Neon (Ne) mempunyai 10 elektron dalam dua orbit. Sedangkan Natrium (Na, yang disebut juga Sodium) mempunyai 11 elektron dalam tiga orbit.

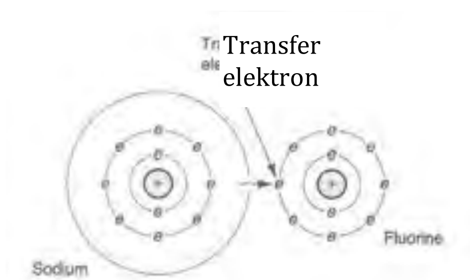


(a) hidrogen. (b) helium, (c) fluorine, (d) neon, dan (e) sodium.

(sumber : google.com)

Gambar 11. Model sederhana struktur atom beberapa elemen:

Dua unsur dapat bersenyawa menjadi satu molekul. Dalam molekul natrium-florid (lihat gambar di bawah), satu elektron dari Natrium ditransfer ke Fluor untuk “dipakai bersama”.



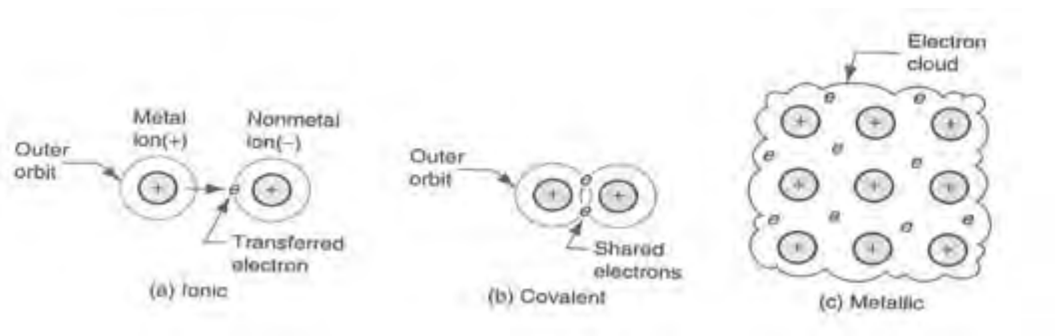
(sumber : google.com)

Gambar 12. Molekul sodium fluorida, dibentuk dari elektron lebih atom sodium untuk melengkapi orbit terluar atom fluorine.

3) Ikatan antar atom serta antar molekul

Atom-atom dalam molekul diikat dalam beberapa jenis ikatan, yaitu ikatan primer dan ikatan sekunder.

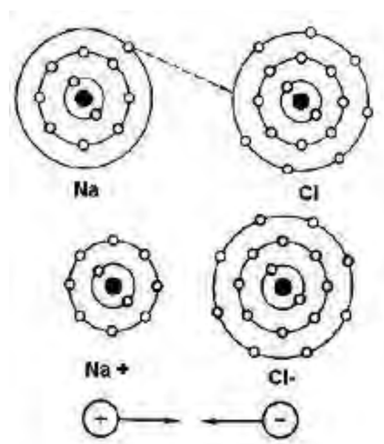
Ikatan primer sendiri dapat dibagi tiga: (1) ikatan ionik, (2) ikatan kovalen , dan (3) ikatan metalik.



Gambar 13. Tiga bentuk ikatan utama: (a) ionik, (b) kovalen, dan (c) metalik. (sumber : google.com)

a) Ikatan ionik.

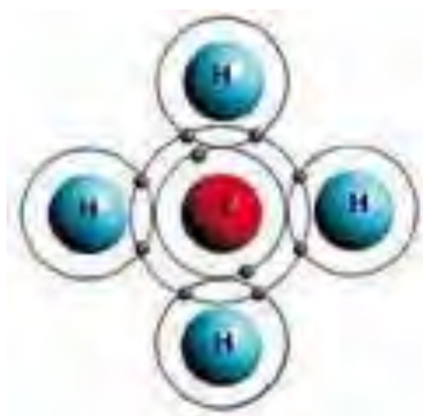
Contoh molekul yang mempunyai ikatan ionik adalah garam meja (NaCl). Sifatnya antara lain konduktivitas listriknya rendah dan ductility yang buruk.



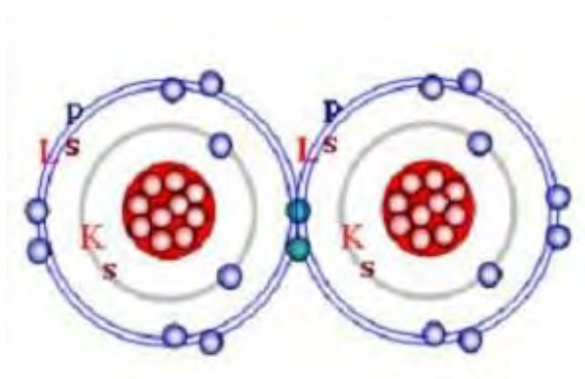
Gambar 14. Molekul NaCl (sumber : google.com)

b) Ikatan kovalen.

Contoh molekul dengan ikatan kovalen adalah gas Fluorin (F_2) dan intan. Berkenaan dengan intan, yang dibangun oleh atom karbon (nomor atom 6), setiap atom mempunyai 4 tetangga dengan mana mereka berbagi elektron. Ini yang membuat suatu struktur tiga dimensi yang yang yang sangat kaku dan membuat intan mempunyai kekerasan yang sangat tinggi. Bentuk lain dari karbon (misalnya grafit) tidak mempunyai struktur atomik yang kaku seperti intan. Bahan padat dengan ikatan kovalen umumnya mempunyai kekerasan yang tinggi dan konduktivitas listrik yang rendah.



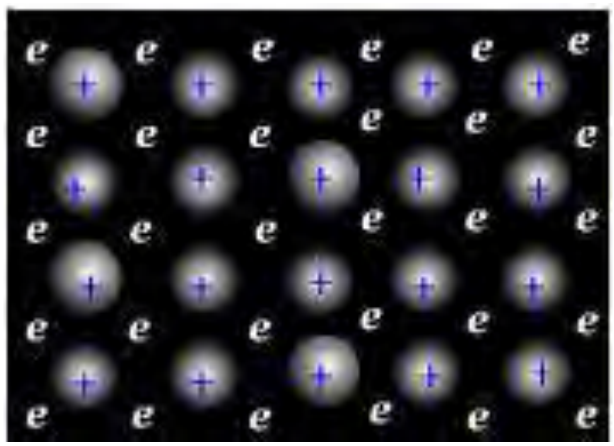
Gambar 15. Gas CH_4



Gambar 16. Pasangan elektron bersama untuk atom F yang membentuk senyawa F_2 (sumber: chemistry.org)

c) Ikatan metalik.

Ikatan metalik adalah mekanisme ikatan terjadi pada logam murni dan logam paduan. Atom-atom dari kelompok logam umumnya mempunyai jumlah elektron yang kurang dari jumlah maksimum, pada orbit terluarnya. Jadi dalam satu blok logam terjadi pemakaian-bersama elektron-elektron pada orbit terluar, oleh seluruh atom yang ada pada blok itu. Elektron-elektron tersebut membentuk semacam awan yang menembus seluruh blok.

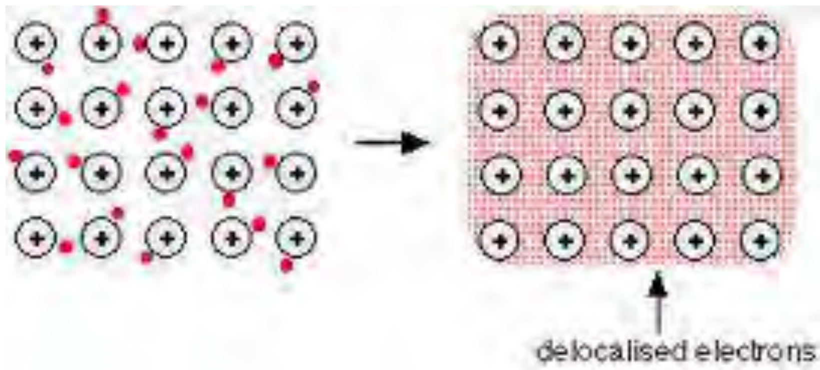


Gambar 17. Lautan elektron (sumber : google.com)

Dengan adanya elektron yang dipakai bersama, dan adanya kebebasan elektron untuk bergerak bebas dalam blok logam itu, maka ikatan metalik membuat konduktivitas listrik menjadi tinggi. Sifat umum lain karena ikatan metalik ini adalah tingginya konduktivitas panas dan ductility yang bagus.

Berbeda dengan ikatan primer yang dijelaskan di atas, ikatan sekunder adalah ikatan yang terjadi karena tarik menarik antar molekul. Jadi tidak ada transfer elektron ataupun pemakaian elektron secara bersama, sehingga ikatannya pun tidak sekuat

ikatan primer. Ada tiga jenis ikatan yang termasuk dalam ikatan sekunder: (1) *dipole forces*, (2) *London forces*, dan (3) ikatan Hidrogen. Jenis ikatan 1 dan 2 disebut juga ikatan Van der Waals.



Gambar 18. Ikatan Van der Waals (sumber : google.com)

Walaupun molekul itu seharusnya netral muatannya, tetapi terdapat kutub positif dan kutub negatif pada setiap molekul, sehingga terjadi tarik menarik antar molekul. Itu yang menjelaskan *dipole forces*.

London forces terjadi karena pergerakan elektron sesekali membuatnya ada di satu sisi dari atom sehingga terjadi kutub bermuatan negatif.

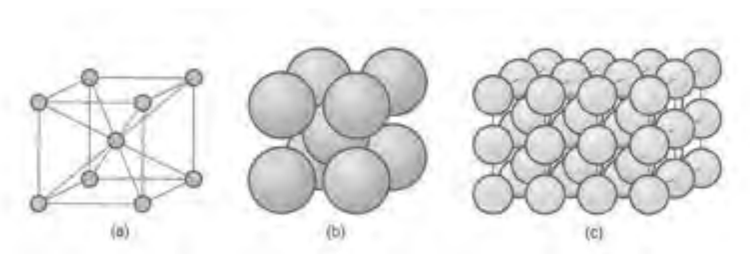
Ikatan Hidrogen terjadi karena dua atom Hidrogen yang ada dalam satu molekul (misalnya molekul H_2O), posisinya ada pada satu sisi dari molekul. Sisi molekul yang ada dua Hirogen itu tarik menarik dengan sisi lain dari molekul tetangganya. Ikatan Hidrogen merupakan jenis ikatan yang penting dalam terbentuknya polimer.

4) Struktur kristalin

Atom dan molekul merupakan “batu-bata” pembangun suatu

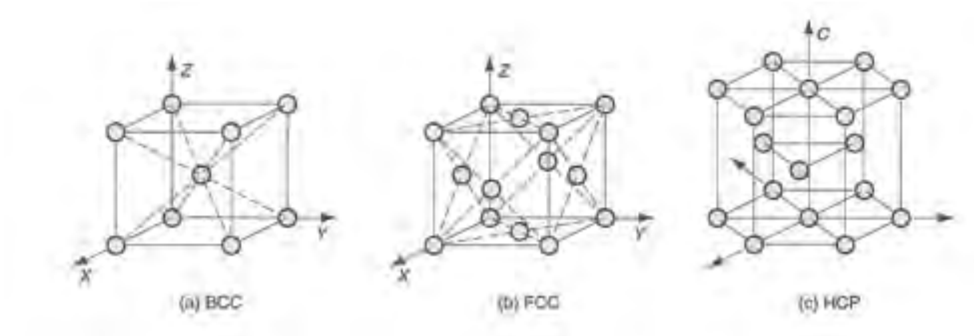
struktur bangunan makroskopik dari suatu materi. Ketika suatu bahan berubah dari cair menjadi padat, atom atau molekul ini akan menyusun sendiri, ke atas dan bawah, serta ke kiri dan kanan. Ada yang membuat susunannya teratur, ada juga yang tidak.

Jika strukturnya beraturan dan berulang, maka disebut struktur kristalin. Unit terkecil dari perulangan ini disebut sel, sebagaimana diperlihatkan dalam gambar di bawah ini. Salah satu bentuk konfigurasi atom-atom dalam sel adalah BCC (body- centered-cubic), dimana atom-atom menempati ke 8 sudut dan di tengah-tengah sel (Gambar 1.19a). Pada kenyataannya, proporsi ukuran atom terhadap ukuran sel adalah lebih besar, seperti yang diperlihatkan dalam gambar (b). Di atas dan bawah, kanan dan kiri setiap sel, akan ada sel-sel serupa dalam posisi yang teratur, sehingga terlihat seperti gambar (c). Hal ini terjadi pada logam, keramik dan polimer.



Gambar 19. Struktur *Body* Centered *Cubic* (BCC): (a) unit sel, dengan atom sebagai titik acuan sistem aksis tiga dimensi; (b) model unit sel dengan atom yang berdekatan; dan (c) pola berulang dari struktur BCC. (sumber : google.com

Jenis-jenis struktur kristal. Selain bentuk BCC, ada juga bentuk dua lain yaitu FCC (*face-centered cubic*) dan HCP (*hexagonal close-packed*), sebagaimana diperlihatkan dalam gambar berikut.



Gambar 20. Tiga jenis struktur kristal logam: (a) *body-centered cubic*, (b) *face-centered cubic*, dan (c) *hexagonal-closed packet*.
(sumber : google.com)

3. Refleksi

a. Bahan Teknik adalah semua unsur atau zat yang berbentuk padat, cair, atau gas yang banyak digunakan untuk kebutuhan keperluan dunia teknik atau industri

b. Bahan teknik dibedakan antara lain bahan organik dan bahan an organik.

c. Bahan organik merupakan bahan baku produk yang diperoleh dan digunakan secara langsung dari bahan alam, antara lain ; kayu, batu, karet, kulit, keramik, celulosa dan lain-lain.

d. Bahan-bahan tiruan (*syntetic materials*) biasanya diperoleh dari senyawa kimia dengan komposisi berbagai unsur akan diperoleh suatu sifat tertentu secara spesifik atau sifat yang menyerupai sifat bahan alam.

e. Unit struktural dasar paling kecil dari satu materi adalah atom. Atom terdiri dari inti yang dikelilingi elektron. Jumlah elektron menunjukan nomor atom dan menjadi identitas suatu unsur.

f. Atom-atom dalam molekul diikat dalam beberapa jenis ikatan, yaitu ikatan primer dan ikatan sekunder.

g. Contoh molekul yang mempunyai ikatan ionik adalah garam meja (NaCl). Sifatnya antara lain konduktivitas listriknya rendah dan ductility yang buruk.

h. Contoh molekul dengan ikatan kovalen adalah gas Fluorin (F_2) dan intan.

i. Ikatan metalik adalah mekanisme ikatan terjadi pada logam murni dan logam paduan.

4. Tugas

a. Buatlah kelompok diskusi terdiri atas 5 orang

b. Lakukan pengamatan terhadap benda berikut



c. Klasifikasikan bagian-bagian benda tersebut apakah termasuk bahan organik atau anorganik

d. Bandingkan dengan hasil pengamatan kelompok lain!

e. Tulislah kesimpulan dari hasil pengamatan pada buku tugas dan kumpulkan pada gurumu!

Bandingkan dan Simpulkan

Bandingkan hasil pengamatanmu dengan hasil pengamatan temanmu. Catat persamaan dan perbedaannya. Coba diskusikan, jika hasil pengamatan dikomunikasikan kepada orang lain, apakah orang tersebut memperoleh pemahaman yang sama? Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, hal penting apakah yang harus dirumuskan bersama? Diskusikan dalam kelompokmu.

5. Tes Formatif

a. Sebutkan tiga bentuk sifat dari bahan teknik !

b. Bahan teknik dibagi menjadi bahan organik dan anorganik. Jelaskan perbedaanya !

c. Atom-atom dalam molekul diikat dalam beberapa jenis ikatan, yaitu ikatan primer dan ikatan sekunder. Sebutkan jenis-jenis ikatan primer dan jelaskan !

C. Penilaian

Pada Kegiatan Belajar Pembelajaran 1. Jenis-jenias bahan teknik, Penilaian terdiri dari : Penilaian Sikap; Penilaian Pengetahuan

1. Sikap

Penilaian sikap terdiri dari : Penilaian Sikap Spiritual dan Sikap Sosial (Teliti).

Lembaran ini diisi oleh guru/ siswa/ teman siswa, untuk menilai sikap siswa. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh siswa, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut :

4 = Selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = Sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = Kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dasering tidak melakukan

1 = Tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Petunjuk penskoran

Skor akhir menggunakan skala 1 sampai 4

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus:

$$\frac{Skor}{Skor\ tertinggi} x\ 4 = skor\ akhir$$

Contoh :

Skor diperoleh 14, skor tertinggi 5 x 5 pernyataan = 20, maka skor akhir :

$$\frac{14}{20} x\ 4 = 2{,}8$$

Siswa memperoleh nilai

Sangat baik : apabila memperoleh skor 3,20 – 4,00 (80-100)

Baik : apabila memperoleh skor 2,80 – 3,19 (70-79)

Cukup : apabila memperoleh skor 2,40 – 2,79 (60-69)

Kurang : apabila memperoleh skor kurang dari 2,40 (< 60)

a. Sikap Spiritual

Nama Siswa : ………………………..

Kelas : ………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………..

Materi Pokok : ………………………..

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Memberi salam pada saat awal dan akhir presentasi sesuai agama yang dianut				
3	Mengucapkan syukur ketika berhasil mengerjakan sesuatu				
4	Berserah diri (tawakal) kepada Tuhan setelah berikhtiar atau melakukan usaha				
5	Memelihara hubungan baik dengan sesama umat ciptaan Tuhan Yang Maha Esa				
Jumlah Skor					

b. Sikap Sosial (Teliti)

Nama Siswa : ………………………..

Kelas : ………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………..

Materi Pokok : ………………………..

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Teliti dalam membaca buku				
2	Teliti dalam mencari bahan informasi				
3	Teliti dalam membaca bahan informasi				

4	Teliti dalam saat praktik				
5	Teliti dalam dalam membuat laporan / presentasi				
Jumlah Skor					

2. Pengetahuan

Penilaian pengetahuan terdiri dari : Penilaian Tugas dan Penilaian Tes Tertulis

a. Penilaian Tugas

Penilaian tugas berupa penilaian laporan dan atau penilaian presentasi hasil tugas. Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai sikap siswa. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh siswa, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut:

No	**Aspek Yang Dinilai**	**Nilai**			
		1	**2**	**3**	**4**
1	Pemahaman materi pada buku teks	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
2	Hasil pengumpulan informasi	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
3	Penyusunan laporan	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
4	Presentasi	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami

Nama Siswa : ………………………..

Kelas : ………………………..

Tanggal pengamatan : ……………………….

Materi Pokok : ……………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor				Nilai
		1	2	3	4	
1	Pemahaman materi pada buku teks					
2	Hasil pengumpulan informasi					
3	Penyusunan laporan					
4	Presentasi					
Jumlah Skor						

$$\text{Nilai tes tertulis siswa} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor tertinggi}} \text{ x } 100$$

Catatan : Apabila tidak menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 3 x 4 = 12. Sedang apabila menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 4 x 4 = 16

b. Penilaian Tes Tertulis

No	**Soal tes tertulis**	**Kunci jawaban**	**Skor**
1	Sebutkan tiga bentuk sifat dari bahan teknik	Padat, cair, gas	**15**
2	Bahan teknik dibagi menjadi bahan organik dan anorganik. Jelaskan perbedaanya	Bahan Organik adalah bahan yang diperoleh dari alam. Bahan An-organik adalah bahan yang diperoleh dari hasil proses	**25**

3	Atom-atom dalam molekul diikat dalam beberapa jenis ikatan, yaitu ikatan primer dan ikatan sekunder. Sebutkan jenis-jenis ikatan primer dan jelaskan	(1) ikatan ionik, adalah ikatan antar ion dimana terjadi perpindahan elektron (2) ikatan kovalen, adalah ikatan antar atom dimana saling berbagi menggunakan elektron (3) ikatan metalik, adalah ikatan antar atom-ataom dari kelompok logam untuk membentuk paduan.	**50**

Kegiatan Pembelajaran 2. Jenis dan sifat bahan logam

A. Deskripsi

Berbagai jenis bahan kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam industri. Penggunaannya pun sangat bergantung pada sifat-sifat dari bahan tersebut. Di samping bermanfaat, beberapa unsur atau senyawa juga dapat bersifat racun bagi kesehatan atau lingkungan. Pada awalnya, unsur hanya digolongkan menjadi logam dan nonlogam. Hal inilah yang dikemukakan oleh Lavoisier. Hingga saat ini diketahui terdapat kurang lebih 118 unsur di dunia.

Oleh karena itu, penting bagi kita untuk mengetahui sifat-sifat dari berbagai unsur dan senyawa, sehingga kita dapat menggunakannya secara optimal dan mengurangi dampak negatif dari penggunaan unsur logam dan nonlogam tersebut.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Siswa mengetahui jenis-jenis logam

b. Siswa mengetahui proses pembuatan besi

c. Siswa mengetahui proses pembuatan baja

d. Siswa mengetahui proses pembuatan besi tuang dan besi tempa

e. Siswa mengetahui proses perlakuan panas pada baja

f. Siswa mengetahui proses pencetakan dan penuangan

g. Siswa mengetahui unsur-unsur paduan dan pengaruhnya pada baja

2. Uraian Materi

Logam dapat dibagi dalam dua golongan yaitu logam ferro atau logam besi dan logam non ferro yaitu logam bukan besi.

a. Logam Ferro (Besi)

Logam ferro adalah suatu logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi. Untuk menghasilkan suatu logam paduan yang mempunyai sifat yang berbeda dengan besi dan karbon maka dicampur dengan bermacam logam lainnya.

Logam ferro terdiri dari komposisi kimia yang sederhana antara besi dan karbon. Masuknya karbon ke dalam besi dengan berbagai cara.

Jenis logam ferro adalah sebagai berikut.

1) Besi Tuang

Besi tuang adalah satu material penting dalam permesinan. Karbon (C) dan silikon (Si) adalah unsur paduan utama, dengan jumlah masing-masing berkisar 2,1-4% berat dan 1 sampai 3% berat. Besi paduan dengan konten karbon yang kurang dari itu dikenal sebagai baja. Konon suhu lelehnya berkorelasi, biasanya mulai dari 1150 sampai 1200 °C (2102 ke 2192 °F), atau sekitar 300 ° C (572 ° F) lebih rendah dari titik leleh besi murni.

Besi tuang cenderung rapuh, kecuali untuk besi tuang yang ditempa. Dengan titik leleh relatif rendah, fluiditas yang baik, castability mesin yang sangat baik, ketahanan terhadap deformasi dan ketahanan aus, besi tuang telah menjadi bahan rekayasa dengan berbagai aplikasi dan digunakan dalam pipa, mesin dan suku cadang industri otomotif, seperti kepala silinder, blok silinder dan rumah gearbox. Hal ini tahan terhadap perusakan dan melemahnya oleh oksidasi (karat).

Karena besi tuang relatif rapuh, tidak cocok untuk tujuan di mana tepi yang tajam atau fleksibilitas yang diperlukan. Besi tuang kuat di bawah kompresi, tapi tidak di bawah ketegangan. Apakah kalian tahu kalau besi tuang pertama kali ditemukan di Cina pada abad ke 4 SM. Dan dituangkan ke dalam cetakan untuk membuat mata bajak dan pot serta senjata dan pagoda.



Gambar 21. Meriam Tsar terbuat dari besi tuang

(sumber : wikipedia.org)

Di barat, baru dibuat pada abad ke-14 akhir, termasuk yang paling awal menggunakan bahan ini adalah pembuatan meriam.

Dalam prakteknya di bengkel-bengkel bubut, besi tuang banyak digunakan mereparasi rumah-rumah bearing yang rusak, setting klep dan lain-lain. Bahan besi tuang banyak tersedia di toko bahan dalam bentuk boring dengan diameter bervariasi.

Komposisinya yaitu campuran besi dan karbon. Kadar karbon sekitar 40%, sifatnya rapuh tidak dapat ditempa, baik untuk dituang, liat dalam pemadatan, lemah dalam tegangan. Digunakan untuk membuat alas mesin, meja perata, badan ragum, bagian-bagian mesin robot, blok slinder, dan cincin torak.



Gambar 22. Silinder mesin dengan bahan dasar besi tuang
(sumber : google.com)

2) Besi Tempa

Komposisi besi terdiri dari 99% besi murni, sifat dapat ditempa, liat, dan tidak dapat dituang. Besi tempa antara lain dapat digunakan untuk membuat rantai jangkar, kait keran, dan landasan kerja plat.



Gambar 23. Pagar berbahan besi tempa
(sumber : wikipedia.org)

3) Baja Karbon

Baja karbon adalah bentuk paling umum dari baja karena harganya yang relatif rendah sementara itu memberikan sifat material yang dapat diterima untuk banyak aplikasi. Baja karbon berisi sekitar 0,05-0,15% karbon dan baja ringan mengandung 0,16-0,29% karbon sehingga mudah dibentuk dan ulet, tetapi tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas. Baja karbon ini memiliki kekuatan tarik relatif rendah, tetapi murah dan lunak. Kekerasan permukaan dapat ditingkatkan melalui karburasi.

Hal ini sering digunakan ketika jumlah besar dari baja yang diperlukan, misalnya sebagai baja struktur bangunan. Kepadatan baja karbon adalah sekitar 7,85 g/cm3 (7850 kg/m3 atau 0.284 lb/in3) [4] dan modulus Young adalah 210 GPa (30.000.000 psi).

b. Pengelompokan Baja

Yang dimaksud dengan baja karbon adalah baja yang hanya terdiri dari besi (Fe) dan karbon (C) saja tanpa adanya bahan pemadu dan unsur lain yang kadang terdapat pada baja karbon seperti Si, Mn, P, P hanyalah dengan prosentase yang sangat kecil yang biasa dinamakan impurities.

Pengelompokkan baja dilakkan berdasarkan :

1) Menurut kadar karbon

a) Baja Karbon Rendah**.**
Kandungan karbon pada baja ini antara 0.10 sampai 0.25 % . Karena kadar karbon yang sangat rendah maka baja ini lunak dan tentu saja tidak dapat dikeraskan, dapat ditempa, dituang, mudah dilas dan dapat dikeraskan permukaannya (*case hardening*)

Baja dengan prosentase karbon dibawah 0.15 % memiliki sifat mach ability yang rendah dan biasanya digunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan, dan lainnya.



Gambar 24. Poros berbahan baja karbon rendah
(sumber : google.com)

Komposisi campuran besi dan karbon, kadar karbon 0,1% - 0,3%, membuat sifat dapat ditempa dengan tanah liat. Digunakan untuk membuat mur, sekrup, pipa, dan keperluan umum dalam pembangunan.

b) Baja Karbon Sedang

Komposisi campuran besi dan karbon, kadar karbon 0,4% - 0,6%. Sifat lebih kenyal dan keras. Digunakan untuk sebagian besar permesinan, penempaan, komponen otomotif, poros, dan rel baja.

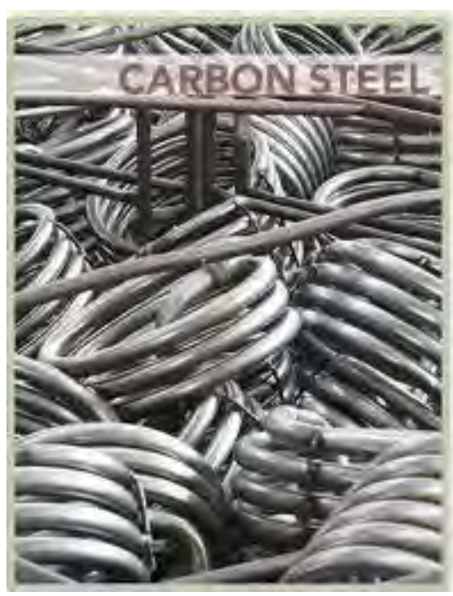


Gambar 25. Roda gigi berbahan baja karbon sedang
(sumber : google.com)

c) Baja Karbon Tinggi

Komposisi campuran besi dan karbon. Kadar karbon 0,6 - 0,99% , sangat kuat dan digunakan untuk per/pegas dan kawat kekuatan tinggi.

Karbon baja yang berhasil dapat menjalani perlakuan panas memiliki kandungan karbon di kisaran 0,30 - 1,70% berat. Jejak kotoran dari berbagai elemen lainnya dapat memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas baja yang dihasilkan. Jumlah jejak belerang khususnya membuat baja merah pendek. Paduan baja karbon rendah, seperti kelas A36, mengandung belerang sekitar 0,05% dan mencair sekitar 1426-1538 ° C (2599-2800 ° F) . Mangan sering ditambahkan untuk meningkatkan kemampuan pengerasan baja karbon rendah. Penambahan ini mengubah materi menjadi baja paduan rendah dengan beberapa definisi, tetapi definisi AISI dari baja karbon memungkinkan hingga 1,65% mangan berat.



Gambar 26. Pegas berbahan baja karbon tinggi
(sumber google.com)

d) Baja Karbon Tinggi Dengan Campuran

Komposisi baja karbon tinggi ditambah nikel atau kobalt, krom atau tungsten, sifat rapuh, tahan suhu tinggi tanpa kehilangan kekerasan, dapat disepuh keras, dan dimudakan. Digunakan untuk membuat mesin bubut dan alat-alat mesin



Gambar 27. Pisau berbahan baja karbon tinggi dengan campuran nikel dan krom (sumber : google.com)

2) Menurut Komposisinya

Menurut komposisinya, baja dapat dikelompokkan menjadi :

a) Baja bukan paduan
b) Baja paduan rendah
c) Baja paduan tinggi

Baja bukan panduan mempunyai kandungan maksimal : 0,5% Si, 0,8% Mn, 0,1% Al, 0,1% Ti, 0,25 % Cu. Baja paduan rendah mempunyai unsur paduan maksimal 5%, sedangkan pada baja paduan tinggi > 5%.

Contoh Baja Paduan

a) Fe + Ni

Fe + 2 % Ni untuk baja keeling

Fe + 25 % Ni tak bekarat dan tak magnetik

Fe + 36 % Ni baja invar, sifat muai yang sangat kecil

b) Fe + Cr

Kuat, Keras, dan Tahan Karat

Fe + Cr > 12 % dinamakan Stainless Steel (Baja Tahan Karat)

Prosentase yang banyak digunakan adalah :

Fe + 0.1 sampai 0.4 % C + 12 sampai 14 % Cr

Fe + 0.9 sampai 1.0 % C + 17 sampai 19 % Cr

Sifat tahan karat ini disebabkan karena terjadinya lapisan chromoksida (Cr_2O_3) pada permukaan baja yang menghalangi terjadinya karat. Bila prosentase C terlalu besar maka sifat tahan karat akan menurun karena sebagian Cr akan diikat menjadi CrC. Prosentase ideal adalah C < 0.1 %

c) FE + Cr + Ni

Baja tahan asam (acid)

Contoh : baja 18/8 (18 % Cr + 8 % Ni) atau disebut juga baja Crupp

d) HSS (High Speed Steel)

Biasa digunakan sebagai alat potong karena memiliki sifat Red Hardness yaitu tetap memiliki kekerasan yang tinggi walaupun temperaturnya mencapai 600 ºC

Contoh: Fe + 0.7 – 0.8 %C, 3.8 – 4.4 %Cr, 17.5 – 19 % W, 1.0 – 1.4 %V

3) Menurut Kemurniannya

Tingkat kemurnian pada baja adalah besar kecilnya unsur Posphor (P) dan Sulfur (S), yang dianggap sebagai unsur-unsur yang merusak sifat baja.

a) Baja biasa adalah baja dengan kandungan P dan S masing-masing 0,05%

b) Baja kualitas tinggi adalah baja dengan kandungan P dan S masing-masing 0,045 %

c) Baja mulia adalah baja dengan kandungan P dan S masing-masing 0,035 %

4) Menurut Proses Pembuatan

Karena setiap proses pembuatan berpengaruh terhadap baja yang dihasilkan, maka pengelompokan berdasarkan prosesnya dapat dilakukan, yaitu :

a) Baja tungku listrik, adalah baja yang diproses dengan menggunakan tungku listrik.
b) Baja Siemens-Martin (baja S-M), adalah baja yang diproses dengan proses Siemens-Martin.
c) Baja Linz-Donawitz (baja LD), adalah baja yang diproses dengan proses Linz-Donawitz
d) Baja Thomas, adalah baja yang diproses dengan proses Thomas.

5) Menurut Penggunaannya

Secara umum hanya ada 2, yaitu :

a) Baja konstruksi mesin, adalah baja yang digunakan untuk konstruksi bangunan atau mesin.

b) Baja perkakas, adalah baja yang digunakan sebagai bahan perkakas.

6) Menurut Struktur Larutan Padatnya

a) Baja austenit, adalah baja yang terdiri dari 10 – 30% unsur paduan tertentu (Ni, Mn atau CO) Misalnya : Baja tahan karat (Stainlees steel),nonmagnetic dan baja tahan panas (heat resistant steel).

b) Baja ferit, adalah baya yang terdiri dari sejumlah besar unsur pemadu (Cr, W atau Si) tetapi karbonnya rendah dan tidak dapat dikeraskan.

c) Baja martensit, adalah baja yang unsur paduannya lebih dari 5 %,sangat keras dan sukar dimesin.

d) Baja Karbid (ledeburit), adalah baja yang terdiri sejumlah karbon dan unsur-unsur penbentuk karbid (Cr, W, Mn, Ti, Zr).

c. Besi Tuang

Besi tuang seperti halnya baja, pada dasarnya adalah paduan besi-karbon yang lebih tinggi, biasanya antara 2,5 - 4,0 % C. Keuletan rendah, tidak dapat ditempa, diroll, di drawing, dll. Satu-satunya cara pembuatan yang dapat dikerjakan adalah dengan penuangan, karena itu namanya besi tuang.

Walaupun keuletan dan kekuatannya lebih rendah daripada baja, tetapi karena mudah di tuang dan mempunyai beberapa sifat khusus yang berguna, maka penggunaannya lebih luas, apalagi dengan diberi tambahan unsur paduan dan proses laku panas yang tepat, maka sifatnya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

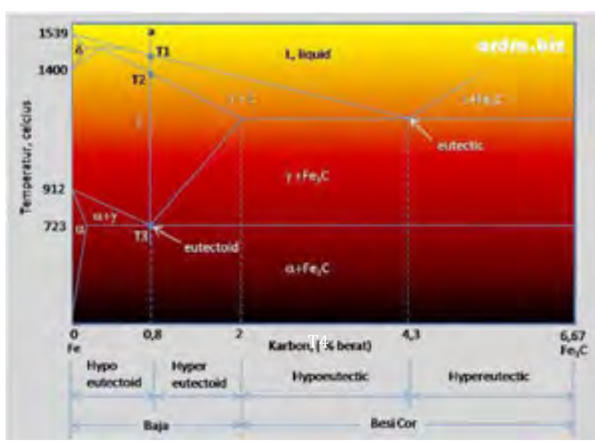
1) Klasifikasi

Besi tuang biasanya di klasifikasikan menurut struktur metalografinya. Dalam hal ini karbon dalam besi tuang sangat menentukan. Karbon dalam besi tuang dapat berupa instentisial yaitu sementit karbida besi atau berupa grafit karbon bebas. Pengelompokan dapat dimulai berdasarkan kondisi karbonnya. Bila Seluruh karbon berupa sementit maka ia adalah besi tuang putih, selanjutnya dikelompokkan berupa bentuk fisik grafitnya,. Terjadinya struktur yang berbeda-beda ini di pengaruhi oleh beberapa faktor terutama kadar karbon, kadar paduan dan pengotoran, laju pendinginan selama dan sesudah pendinginan dan perlakuan panas sesudah penuangan.

Besi tuang dapat dikelompokkan menjadi:

a) Besi Tuang Putih

Besi tuang putih yang biasa diproduksi adalah besi tuang putih *hypoeutectic*. Untuk mempelajari perubahan yang terjadi selama pembekuan dan pendinginan perhatikan diagram fasa besi karbida.



Gambar 28. Diagram fasa besi karbida

(sumber : google.com)

Pada temperatur T1 berupa cairan dan mulai membeku pada T2, membentuk kristal *austenit*. Dengan penurunan temperatur maka makin banyak *austenit* yang terbentuk, makin sedikit sisa cairan dan

komposisinya makin kaya karbon. Pada temperatur T3 sudah banyak *austenit* yang terbentuk, bila reaksi austetik selesai maka akan mulai lagi terjadi *penurunan* temperatur dengan makin rendahnya temperatur makin rendah pula kelarutan karbon dalam *austenit*. Pada X4 komposisi austenit akan bertranformasi menjadi *eutectoid* sehingga struktur akhir akan terdiri dari *dendrite austenit* yang bertranformasi menjadi *perlit*.

Mengingat bahwa sementit adalah struktur yang sangat keras dan getas maka *besi* tuang putih yang mengandung sejumlah besar sementit yang berupa jaringan yang kontinyu juga akan keras, tahan aus dan sangat sulit diproses mesin.

b) Besi Tuang Mampu Tempa

Sementit adalah struktur yang metastabil, ia cenderung untuk bedekomposisi menjadi besi dan karbon. Besi tuang mampu tempa dibuat *dari besi tuang putih dengan suatu proses yang dinamakan malleableisasi bertujuan mengubah sementit besi tuang putih menjadi temper karbon dan ferrit, proses ini dilakukan dengan dua tahapan annealing. Annealing tahap pertama dan annealing tahap kedua.*

Pada annealing tahap pertama, besi tuang putih dipanaskan sampai 900 – 950 ˚C selama beberapa jam, selama pemanasan perlit akan bertransformasi menjadi austenit, yang juga akan melarutkan sebagian sementit. Setelah itu didinginkan cepat ke 760˚C untuk melakukan annealing tahap kedua.

Pada annealing tahap kedua, benda kerja didinginkan sangat lambat laju pendinginan 3 - 9 ˚C per jam, melewati daerah temperatur kritis dimana reaksi autektoit akan berlangsung, selama pendinginan ini karbon yang masih terlarut dalam austenit akan keluar dari

austenit, tidak sebagai sementit seperti biasanya, tetapi sebagai grafit.austenit akhirnya akan bertranformasi menjadi ferrit.

Bila pendinginan pada *annealing* tahap kedua lebih dipercepat maka akan ada sebagian karbon yang tidak samapi keluar menjadi grafit, masih *tetap* larut dalam austenit, yang pada pendinginan selanjutnya akan bertranformasi menjadi perlit. Makin tinggi temperatur awal quenching dan makin tinggi laju pendinginannya makin banyak perlit yang terbentuk.

Dengan laju *pendinginan yang cukup tinggi akan dapat diperoleh matrik yang sepenuhnya perlitik.*

Bila laju pendinginan pada saat melalui daerah kritis tidak cukup tinggi maka hanya karbon yang ada disekitar inti grafit yang sempat keluar keluar dari austenit sehingga disekitar grafit akan terjadi ferrit dan di daerah yang agak jauh akan terjadi perlit.

Biasanya struktur perlitik dari melleabel cast iron perlu ditemparing untuk yang berstruktur perlitik kasar, tempering dilakukan pada temperatur antara 650-700˚C, sehingga diperoleh speroidized carbide, karena sementit yang ada pada perlit akan berubah menjadi spheoroidit dengan demikian kemampuan mesin akan naik, begitu juga dengan ketangguhannya, sedangkan kekerasannya akan menurun.

c) Besi Tuang Kelabu

Besi tuang kelabu adalah besi tuang yang paling banyak digunakan, berbeda dengan besi tuang malleabel, grafit pada besi tuang kelabu terbentuk pada saat pembekuan, proses grafitisasi ini didorong oleh tingginya kadar karbon. Grafit merupakan bagian terlemah dalam

besi tuang, kekuatan besi tuang sangat tergantung kekuatan dari matriksnya, matrik ini tergantung apada kondisi dari semenrtit pada autektoid, bila komposisi dan laju pendinginan diatur sedemikian rupa, sehingga sementit pada eutectoid juga akan menjadi grafit. Maka struktur dari matrik sepenuhnya ferrit.

- Perlakuan panas besi tuang kelabu

  Besi tuang mengalami pemanasan biasanya jauh di bawah daerah temperatur kritis, temperatur transformasi perlit menjadi austenit, yaitu sekitar 510-565˚C dengan pemanasan selama 1 jam pada temperatur tersebut akan menghilangkan 75-85% dari tegangan yang diinginkan.

  Annealing pada temperatur 710-800˚C akan meningkatkan kemampuan mesin. Pada temperatur ini sementit yang akan berdekomposisi menjadi grafit dan ferrit. Besi tuang harus berada pada temperatur ini dalam waktu yang cukup panjang sehingga dapat terjadfi grafitisasi yang sempurna.

  Normalising dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanik atau untuk mengembalikan sifatnya semula, yang berubah akibat proses perlakuan panas sebelumnya. *Normalizing* dilakukan dengan memanaskan besi tuang di atas temperatur tranformasi, ditahan kurang lebih 1 jam/in tebal benda, lalu didinginkan dengan udara diam.

- Ukuran dan distribusi dari *grafite flakes*

  Grafit berbentuk *flake* dengan ukuran yang besar akan memutuskan kontinyuitas matrik, akibatnya menurunkan kekuatan dan keuletan besi tuang kelabu *flake* dengan ukuran

kecil tidak terlalu berpengaruh buruk, karenanya biasanya banyak diinginkan. Ukuran *flake* dapat ditetapkan dengan cara membandingkan dengan suatu ukuran standar yang sudah ditetapkan bersama antara AFS dan ASTM yaitu dengan mengukur panjang grafit *flake* yang terpanjang dari besi tuang kelabu. Dengan menambah jumlah silikon maka jumlah *eutectic* yang terjadi juga akan bertambah dan memperkecil ukuran *flake* mengingat bahwa silikon adalah unsur yang mendorong grafitisasi. Cara terbaik untuk memperkecil ukuran grafit dan memperbaiki penyebarannya ialah dengan menambahkan jumlah bahan yang di kenal sebagai *innoculen*.

- Sifat mekanik dan penggunaan besi tuang kelabu

  Kekuatan tarik merupakan sifat yang penting dalam memilih besi tuang untuk bagian konstruksi yang akan menerima beban tarik. Kekerasan dari besi tuang kelabu merupakan harga rata-rata dari grafit yang lunak dan matriknya.

  Komposisi juga merupakan pengaruh terhadap kekerasan, kadar karbon, dan silikon yang makin tinggi akan menurunkan kekerasan, walaupun pengaruhnya tak sebesar pengaruh terhadap kekuatan tarik. Karena besi tuang kelabu adalah jenis benda tuangan yang paling murah maka bila diperlukan benda tuangan kelabu merupakan pilihan pertama logam lain dapat dipilih bila sifat mekanik dan sifat fisik dari besi tuang kelabu tidak memenuhi syarat.

d) Besi Tuang Nodular

Besi tuang nodular dikenal juga dengan nama *ductile iron*, dari namanya dapat diterka bahwa besi tuang ini grafit berbentuk bola-bola kecil karena grafitnya yang terbentuk *speroid* yang padat ini

kekuatan dan ketangguhannya lebih tinggi dari besi tuang dengan grafit berbentuk *flake*, oleh karena itu ada yang menamakannya besi tuang ulet. Besi tuang nodular *austenitic* termasuk besi tuang paduan berkadar tinggi, besi ini penting karena sifat tahan korosinya yang relatif tinggi. Besi tuang nodular banyak di gunakan di bidang pertanian, untuk traktor, dan perlengkapannya, diesel, automotive, untuk poros engkol, kepala silinder, dll

e) Besi Tuang Paduan

Besi tuang paduan adalah besi tuang yang mengandung satu atau beberapa unsur paduan dalam jumlah yang cukup untuk menghasilkan modifikasi terhadap sifat fisik maupun mekaniknya. Unsur paduan yang sering dipakai dalam grafitisasi:

d. Krom

Krom akan memperbanyak jumlah karbon yang terikat yaitu dengan membentuk karbida kompleks krom-besi, penambahan sedikit krom akan menaikkan kekuatan, kekerasan, tahan aus, tahan panas tapi kemampuan mesin nya menurun

e. Tembaga

Tembaga bertindak sebagai grafitisert, tapi kemampuannya hanya seperlima dari silikon, kadar tembaga biasanya antara 0,25-2,5% tembaga cendereung memecah karbida yang besar menjadi lebih halus dan akan memperkuat matrik.

f. Molybden

Molybden akan memperbaiki sifat mekanik, biasanya di tambahkan0,25-1,25% dan pengaruhnya sama seperti terhadap baja, kekerasan besi tuang menjadi lebih baikmencegah terjadinya Distorsi dan retak pada besi tuang.

g. Vanadium

Vanadium unsur pembentuk karbida yang sangat kuat, dan menghallangibentukan grafit dengan menambah 0,10-0,25%%V akan menaikkan tensiule strength, tranverse strength, dan kekerasan

h. Nikel

Nikel adalah unsur yang mendorong pembentukan grafit, tapi kekuatannya separuh dari silikon. Nikel pada besi tuangh dimaksudkan untuk mengontrol struktur mikro yaitu dengan menghalangi tranformasi austenit, menstabilkan perlit dan mempertahankan jumlah karbida.

i. Silikon

Silikon merupakan unsur yang sangat penting dalam pembuatan besi tuang, ia menaikkan tingkat keenceran dari cairan besi sehingga mudah dituang ke dalam cetakan yang tipis dan rumit. Silikon adalah unsur yang mendorong pembentukan grafit pada besi tuang, selama pembakuan dengan adanya silikon karbon kan membeku sebagai grafit yang berbentuk flake. Bentuk ini hanya bisa dirubah dengan cara mencairkan kembali.

j. Sulfur

Sulfur berlawanan dengan silikon, sulfur akan mendorong terbentuknya karbida, dalam jumlah yang cukup besar sulfur akan menyebabkan besi tuang menjadi besi tuang putih yang sangat keras dan getas.

k. Mangan

Mangan mendorong pembentukan karbida, tapi tak sekuat sulfur. Bila jumlah mangan yang diguanakan untuk pembentukan MnS, maka mangan tersebut mengurangi pengaruh sulfur dalam pembentukan karbida

l. Phosphor

Phosphor menaikkan fluidity dan memperluas daerah pembakuan eutektik, juga untuk mendorong pembentukan grafit, bila kadar silikon cukup tinggi dan kadar phosphor rendah, phosphor diperlukan bila harus menuang benda tuang dengan dinding tipis.

m. Jenis-Jenis Baja

1) Baja Konstruksi

Unsur yang paling menentukan dalam baja jenis ini adalah unsur karbon. Kenaikan kadar C akan mengakibatkan naiknya kekerasan dan kekuatan, tetapi batas mulurnya turun dan semakin getas, selain itu mampu las dan mampu mesinnya juga ikut menurun.

2) Baja Keras Permukaan

Baja keras permukaan dipakai untuk bagian-bagian mesin yang harus memiliki kekuatan tinggi, keuletan yang baik di bagian dalamnya untuk menahan beban kejut, tumbuk dan puntir. Selain itu permukaannya harus tahan aus.

Umumnya, baja keras permukaan memiliki kadar karbon yang rendah (sekitar 0,2 %). Batas kadar karbon pada baja agar dapat dikeraskan adalah 0,3 % , karena itu baja keras permukaan harus mengalami pengarbonan agar dapat mencapai tingkat kekerasan yang ingin dicapai.

Baja Keras Permukaan	Kuat Tarik N/mm^2	Penggunaan
C 10 ; Ck 10 C 15 ; Ck 15 ; Cm 15	500 – 800 600 - 900	Bagian mesin berukuran kecil yang tahan aus
15 Cr 3	700 – 1050	Bagian mesin berukuran kecil yang tahan aus

16 Mn Cr 5 16 Mn Cr S 5 20 Mn Cr 5 20 Mn Cr S 5	800 – 1400	Roda gigi, poros
20 Mo Cr 4 20 Mo Cr S 5 25 Mo Cr 4 17 Mo Cr S 4	800 – 1400	Untuk bagian mesin ayng harus tahan aus, ulet, kekuatan tarinnya tinggi
15 Cr Ni 6 15 Cr Ni 8 15 Cr Ni Mo 6	900 - 1450	Bagian mesin yang sangat anti aus, kekuatan dan keulelan sangat tinggi

3) Baja Temper

Temper adalah salah satu jenis perlakuan panas (*heat treatment*) yang bertujuan meningkatkan kekuatan atau keuletan dan menurunkan kekerasan bahan. Bahan yang mungkin untuk dijadikan baja temper adalah baja dengan kadar karbon > 0,2 % dengan kualitas kemurnian yang tinggi. Baja temper biasanya digunakan untuk bahan bagian-bagian mesin dengan beban mekanis tinggi.

4) Baja Otomat

Dengan penambahan Sulfur kurang lebih 0,2 % sifat mampu mesin akan lebih baik. Unsur S akan membentuk Sulfida dengan Fe atau dengan bahan paduan Mn. Sulfida yang Terbentuk akan menyebabkan tatal (beram) selama proses permesinan menjadi pendek-pendek. Tatal yang pendek sangat baik untuk pengerjaan dengan mesin-mesin otomatis, karena itu baja ini disebut baja otomat. Kadang unsur Pb pun ikut ditambahkan agar permukaan hasil permesinan menjadi lebih baik.

5) Baja Perkakas

Perkakas potong, cetakan pembentukannya dibuat dari baja perkakas.

Baja perkakas dapat dikelompokkan menjadi :

a) Baja perkakas bukan paduan

Baja perkakas dibedakan dari tinggi rendahnya kadar karbonnya, yang berkisar 0,5 % - 1,6 %.

Beberapa baja perkakas bukan paduan :

Jenis Baja	Penggunaan
C 125 W1	Cetakan tarik, pisau cukur, kikir
C 125 W2	Mata bor, reamer
C 100 W1	Pisau frais, perkakas kayu, cetakan tarik dalam
C 90 W2	Bor batu, pisau, cetakan tekan
C 70 W1	Bor batu
C 70 W2	Pisau saku, palu

W = baja perkakas

1 & 2 = kualitas kemurnian (kemurnian 1 < 2)

b) Baja perkakas dingin paduan

Umumnya digunakan untuk perkakas potong kecepatan rendah, dimana suhu potongnya kurang dari 200°C. Apabila digunakan sebagai bahan perkakas pembentuk (tanpa pemotongan) dimana suhu kerjanya < 300°C. Selain mengandung karbon C hingga 2 %, unsur-unsur Cr, Mo, V, W dan Ni ditambahkan untuk meningkatkan ketahanan aus dan kemampuan potong.

c) Baja perkakas panas paduan

Banyak digunakan untuk proses pengerjaan logam tanpa pemotongan, seperti : cetak tekan, cetakan pembuat mur, baut, keling, dsb. Suhu kerjanya berkisar antara 300°- 1200°C. Dengan suhu kerja tersebut, maka baja harus keras, tahan aus, kekuatan dan

keuletannya tidak berubah dalam suhu tinggi. Dengan penambahan Cr, Mo, W, V dan Ni sifat-sifat yang harus dimilikinya bisa dicapai.

d) Baja perkakas kecepatan tinggi

Baja jenis HSS dipakai untuk pengerjaan logam dengan pemotongan. Suhu kerja untuk HSS dapat mencapai 600°C. Kekerasan, keuletan, tahan aus dan panasnya tidak berubah dalam suhu kerja. Sifat-sifat ini dapat dicapai dengan penambahan unsur Cr, W, Mo, V dan Co sedangkan kadar karbonnya rata-rata berkisar 0,8 %. Unsur paduan tadi akan bereaksi dengan karbon membentuk karbida yang sangat keras dan tahan suhu tinggi.

n. Non ferrous metal (logam non-ferro)

Logam Non-Ferro (Non-Ferrous Metal) ialah jenis logam yang secara kimiawi tidak memiliki unsur besi atau Ferro (Fe), oleh karena itu logam jenis ini disebut sebagai logam bukan Besi (non Ferro). Beberapa dari jenis logam ini telah disebutkan dimana termasuk logam yang banyak dan umum digunakan baik secara murni maupun sebagai unsur paduan.

Pada uraian berikut akan kita lihat logam dari jenis non Ferro ini secara lebih luas lagi, karena semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dalam pengolahan bahan logam, menjadikan semua jenis logam digunakan secara luas dengan berbagai alasan, mutu produk yang semakin ditingkatkan, kebutuhan berbagai peralatan pendukung teknologi serta keterbatasan dari ketersediaan bahan-bahan yang secara umum digunakan dan lainlain. Logam non Ferro ini terdapat dalam berbagai jenis dan masingmasing memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda secara spesifik antara logam yang satu dengan logam yang lainnya, demikian pula F. Sifat dan berbagai karakteristik dari beberapa logam non Ferro

Jenis-jenis logam non ferro antara lain :

1) Tembaga (copper)

Tembaga ialah salah satu logam penting sebagai bahan teknik yang pemakaiannya sangat luas baik digunakan dalam keadaan murni maupun dalam bentuk paduan. Tembaga memilki kekuatan Tarik 150 N/mm2 sebagai Tembaga Cor dan dengan proses pengerjaan dingin kekuatan tarik Tembaga dapat ditingkatkan hingga 390 N/mm2 demikian pula dengan angka kekerasannya dimana Tembaga Cor memiliki angka kekerasan 45 HB dan meningkat hingga 90 HB melalui proses pengerjaan dingin, dengan demikian juga akan diperoleh sifat Tembaga yang ulet serta dapat dipertahankan walaupun dilakukan proses perlakuan panas misalnya dengan Tempering (Lihat Heat treatment).



Gambar 29. Selang tembaga (sumber : google.com)

Sifat listrik dan sebagai penghantar panas yang baik dari Tembaga (Electrical and Thermal Conductor) Tembaga dan menduduki urutan kedua setelah Silver namun untuk ini Tembaga dipersyaratkan memiliki kemurnian hingga 99,9 %. Salah satu sifat yang baik dari tembaga ini juga adalah ketahanannya terhadap korosi atmospheric bahkan jenis korosi yang lainnya .

Tembaga mudah dibentuk dan disambung melalui penyolderan (Soldering), Brazing dan pengelasan (Welding). Untuk membahas lebih jauh tentang Tembaga ini dapat dilihat pada uraian tentang Tembaga dan paduannya.

Sejenis logam berwarna coklat kemerahan, mempunyai permukaan yang kilap dan tidak cacat dipermukaannya. Sifatnya pengalir panas yang baik, titik cair 1980°F (1100°c) dapat di rol menjadi plat tipis, mudah dipotong, dapat dikikir, dan dapat ditekuk.

2) Kuningan (brass)

Adalah paduan logam dari tembaga dan seng (Cu + Zn) . Terdapat dua jenis. Pertama campuran kuningan (70% tembaga + 30% seng) berwarna unggu dan campuran kuningan (90% tembaga + 10% seng) berwarna emas kekuningan. Kuningan apabila dikerjakan akan menjadi keras dengan cepat dan memerlukan proses *annealing* (proses melembutkan struktur logam). Kuningan mudah dipotong, dikikir dan diberi warna. Titik cair 940°C.



Gambar 30. Kuningan (sumber : google.com)

3) Perunggu (bronze)

Adalah paduan logam dari tembaga 90% + seng 10%. Paduan ini lebih kuat daripada tembaga dan kuningan, menjadikan satu logam yang baik dan berwarna emas kekuningan. Kegunaan utamanya adalah untuk seni logam. Mudah dipotong dan dikikir. Titik cairnya 1562°F hingga 1832°F (850°C hingga 1000°C).



Gambar 31. Gong Perunggu (sumber : google.com)

4) Aluminium**.**

Aluminium adalah logam yang berwarna putih terang dan sangat mengkilap dengan titik cair 660˚C sangat tahan terhadap pengaruh atmosfer juga bersifat electrical dan Thermal Conductor dengan koefisien yang sangat tinggi.



Gambar 32. Aluminium foil sebagai pembungkus makanan

(sumber : google.com)

Ringan, berwarna putih dan tidak berkarat. Ia juga tidak berbunga api apabila digerinda dan tidak berubah warna apabila dipanaskan. Pengalir panas yang baik dan tidak digunakan dalam bentuk asal tetapi dicampur dengan logam lain seperti karbon, silikon dan seng.



Gambar 33. Profil logam aluminium (sumber : google.com)

Secara komersial Aluminium memiliki tingkat kemurnian hingga 99,9 %, dan Aluminium non paduan kekuatan tariknya ialah 60 N/mm2 dan dikembangkan melelui proses pengerjaan dingin dapat ditingkatkan sesuai dengan kebutuhannya hingga 140 N/mm2. Berasal dari bijih boksit dalam bentuk batu lembut seperti kapur. Boksit biasanya mengandung 32% aluminium.

5) Perak

Silver, Argentum (Ag) adalah salah satu logam mulia yang memiliki titik cair 960˚C terdapat dalam skala kecil dan terpadu pada Tembaga dan Emas. Silver memiliki konduktifitas listrik yang paling tinggi dibanding dengan logam lainnya dan digunakan dalam kontak listrik juga dalam "*Silver solders*" serta bahan pelapis logam lain.



Gambar 34. Perhiasan Perak (sumber : google.com)

6) Emas

Sejenis logam yang berat dan berwarna kekuningan. Logam yang paling liat. Suhu cairnya ialah 1900°F (1060°c).



Gambar 35. Koin dan batangan emas (sumber : google.com)

7) Lead, Timbal, Timah hitam, Plumbum (Pb)

   Timah hitam sangat sangat lunak, lembek tetapi ulet, memiliki warna putih terang yang sangat jelas terlihat pada patahan atau pecahannya. Timah Hitam memiliki berat jenis (ρ) yang sangat tinggi yaitu =11,3 kg/dm3 dengan titik cair 327˚C, digunakan sebagai isolator anti radiasi Nuclear. Timah hitam diperoleh dari senyawa Plumbum-Sulphur (PbS) yang disebut “Gelena” dengan kadar yang sangat kecil.



Gambar 36. Timah hitam (sumber : google.com)

Proses pemurniannya dilakukan dengan memanaskannya didalam dapur tinggi, proses pencairan untuk menghilangkan oxides serta unsur lainnya. Selain untuk pemakaian sebagai isolator radiasi, Timah hitam digunakan juga sebagai bahan pelapis pada bantalan luncur, bahan timah pateri serta sebagai unsur paduan dengan baja atau logam Non Ferro lainnya yang menghasilkan logam dengan sifat Free Cutting atau yang disebut sebagai baja Otomat.

8) Titanium (Ti)

Titanium (Ti) memiliki warna putih kelabu, sifatnya yang kuat seperti baja dan stabil hingga temperatur 400˚C, tahan korosi dan memiliki berat jenis (ρ) = 4,5 kg/dm3.

Titanium (Ti) digunakan sebagai unsur pemurni pada baja serta sebagai bahan paduan dengan Aluminium dan logam lainnya.



Gambar 37. Propeler turbin berbahan titanium
(sumber : google.com)

Titanium (Ti) memiliki titik cair 1660˚C dan kekuatan tarik 470 N/mm2 serta densitas 56 %.Titanium (Ti) tidak termasuk logam baru walaupun pengembangannya baru dilakukan pada tahun 1949, karena sebenarnya Titanium (Ti) telah terdeteksi sejak tahun 1789 dalam bentuk Oxide Silicon, karena pengaruh oxygen maka pada saat itu tidak memungkinkan untuk dilakukan extraction, dimana Titanium

(Ti) merupakan bagian penting dari Oxygen, namun pada akhirnya ditemukan metoda pemurnian Titanium (Ti) ini melalui pemanasan dengan Carbon dan Clorine, kemudian dengan Magnesium dan denganSodium pada suhu pemanasan antara 800˚C hingga 900˚C yang menghasilkan Titanium Tetraclorite sebagai produk awal dari Titanium (Ti) yang selanjutnya menggunakan Magnesiumcloride atau Sodiumcloride.

9) Nickel, Nickolium (Ni)

Nickel, Nickolium merupakan unsur penting yang terdapat pada endapan terak bumi yang biasanya tercamppur dengan bijih tembaga. Oleh kerena itu diperlukan proses pemisahan dan pemurnian dari berbagai unsur yang akan merugikan sifat Nickel tersebut.



Gambar 38. Uang logam pecahan 1000 rupiah berbahan nikel plate steel

(sumber : google.com)

Dalam beberapa hal Nickel memiliki kesamaan dengan bijih logam yang lain seperti juga besi selalu memiliki sifat-sifat yang buruk seperti titik cair yang rendah kekuatan dan kekerasannya juga rendah, tetapi juga memiliki keunggulan sebagaimana pada Nickel ini ialah ketahanannya terhadap berbagai pengaruh korosi dan dapat mempertahankan

sifatnya pada temepratur tinggi. Oleh karena itu Nickel banyak digunakan sebagai pelapis dasar sebelum pelapisan dengan Chromium, dimana Nickel dapat memberikan perlindungan terhadap berbagi pengaruh gangguan korosi pada baja atau logam-logam lainnya.

10) Timah putih, Tin, Stannum (Sn)

Timah putih, Tin, Stannum (Sn) ialah logam yang berwarna putih mengkilap, sangat lembek dengan titik cair yang rendah yakni 232˚C. Logam ini memiliki sifat ketahanan korosi yang tinggi sehingga bnayak digunakan sebagai bahan pelapis pada plat baja, digunakan sebagai kemasan pada berbagai produk makanan karena Timah putih ini sangat tahan terhadap asam buah dan Juice.



Gambar 39. Timah putih digunakan sebagai penyeimbang velg ban

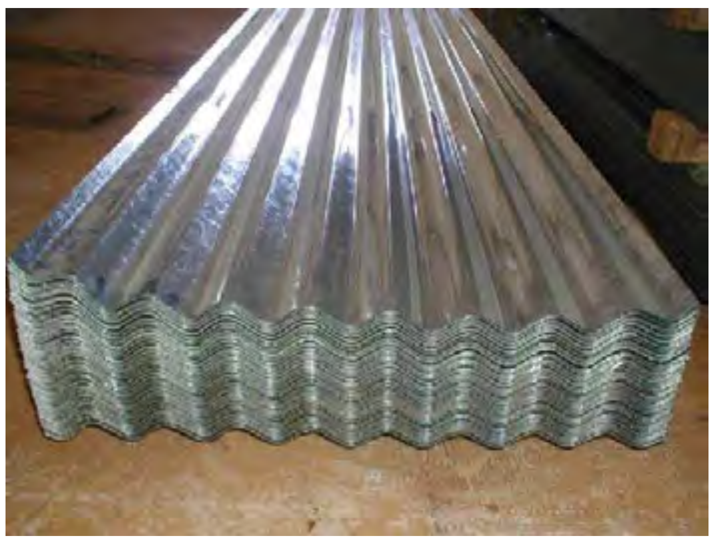
(sumber : google.com)

Fungsi kegunaan yang lain ialah sebagai bahan pelapis pada bantalan luncur serta sebagai unsur paduan pada bahan-bahan yang memiliki titik cair rendah. Timah putih, Tin, Stannum (Sn) paling banyak digunakan sebagai timah pateri serta paduan pada logam-logam bantalan seperti Bronzes dan gunmetal atau ditambahkan sedikit pada paduan Tembaga Seng (Kuningan, Brasses) untuk memperoleh ketahanan korosi.

Timah putih, Tin, Stannum (Sn) diproses dari bijih timah (Tinstone), extraksinya dilakukan melalui pencairan dengan temperatur tinggi sehingga timah dapat mengalir keluar dari berbagai unsur pengikatnya.

11) Seng, Zincum (Zn)

Seng, Zincum (Zn) ialah logam yang berwarna putih kebiruan memiliki titik cair 419˚C, sangat lunak dan lembek tetapi akan menjadi rapuh ketika dilakukan pembentukan dengan temperatur pengerjaan antara 100˚C sampai 150˚C tetapi sampai temperatur ini masih baik dan mudah untuk dikerjakan.



Gambar 40. Atap rumah berbahan seng (sumber : google.com)

Seng memiliki sifat tahan terhadap korosi sehingga banyak digunakan dalam pelapisan plat baja sebagai pelindung baja tersebut dari pengaruh gangguan korosi, selain itu Seng juga digunakan sebagai unsur paduan dan sebagai bahan dasar paduan logam yang dibentuk melalui pengecoran.

Sekalipun Seng merupakan bahan yang lembek akan tetapi peranannya sangat penting sekali sebagai salah satu bahan Teknik yang memilki berbagai keunggulan, baik digunakan sebagai bahan pelapis pada baja

yang tahan terhadap korosi, misalnya untuk atap bangunan, dinding serta container yang juga harus tahan terhadap pengaruh air dan udara serta serangga dan binatang.

Seng juga merupakan unsur paduan untuk bahan pengecoran. Bahan baku seng adalah Sulfida Carbonate, biasanya berada berdekatan dengan Lead atau Timah Hitam atau kadang-kadang juga dengan Silver.

12) Chromium (Cr)

Chromium ialah logam berwarna kelabu, sangat keras dengan titik cair yang tinggi yakni 1890°C. Chromium diperoleh dari unsur Chromite, yaitu senyawa FeO.Cr2. Unsur Chromite (Fe_2 Cr_2 0_6) serta Crocoisite ($PbCrO_4$).



Gambar 41. Velg mobil berlapis logam krom

(sumber : google.com)

Chromium memiliki sifat yang keras serta tahan terhadap korosi jika digunakan sebagai unsur paduan pada baja dan besi tuang dan dengan penambahan unsur Nickel maka akan diperoleh sifat baja yang keras dan tahan panas (Heat resistance-Alloy).

13) Magnesium (Mg)

Magnesium ialah logam yang berwarna putih perak dan sangat mengkilap dengan titik cair 651˚C yang dapat digunakan sebagai bahan paduan ringan, sifat dan karakteristiknya sama dengan Aluminium. Perbedaan titik cairnya sangat kecil tetapi sedikit berbeda dengan Aluminium terutama pada permukaannya yang mudah keropos bila terjadi oxidasi dengan udara.



Gambar 42. Produk yang terbuat dari magnesium : pemantik api, serutan pinsil, dan pita magnesium (sumber : google.com)

Oxida film yang melapisi permukaan Magnesium hanya cukup melindunginya dari pengaruh udara kering, sedangkan udara lembab dengan kandungan unsur garam kekuatan oxid dari Magnesium akan menurun, oleh kerana itu perlindungan dengan cat atau lac (pernis) merupakan metoda dalam melidungi Magnesium dari pengaruh korosi kelembaban udara.

14) Mercury, Hydragirum (Hg)

Mercury, Hydragirum (Hg) ialah salah satu jenis logam murni yang diperoleh dalam skala kecil dengan logam murni lainnya serta Sulphide (HgS) yang dapat dilakukan extraksi melalui pemanasan sederhana yang kemudian diproses secara destilasi, jika perlu dilakukan

pengerjaan lanjut untuk menghilangkan kadar Seng dan Cadmium. Mercury digunakan dalam Thermometer dan Barometer serta saklar atau electrical Switches.



Gambar 43. Simbol merkuri (sumber : google.com)

15) Tungten, Wolfram (W)

Tungten, Wolfram (W) memiliki titik cair 3410˚C berwarna kelabu, sangat keras dan rapuh pada temperatur ruangan, tetapi ulet dan liat pada Temperatur tinggi. Bahan dasar dari Tungten, Wolfram (W) ini ialah Oxide mineral dan diperoleh melalui proses reduksi.



Gambar 44. elektroda las berbahan tungsten (sumber : google.com)

Tungten, Wolfram (W) digunakan sebagai bahan pembuatan filament, untuk kwat radio dan lampu serta digunakan pula sebagai unsur paduan pada alat potong (Tool Steel) yakni sebagai bahan High Speed Steel (HSS) atau baja kecepatan tinggi, baja Magnet serta dibentuk melalui proses sintering untuk bahan perkakas.

16) Vanadium (V)

Vanadium (V) akan mencair pada Temperatur diatas 1900˚C, logam yang berwarna putih ini sangat keras, jika ditambahkan pada baja sebagai unsur paduan akan menambah kekenyalan dari baja tersebut.



Gambar 45. Perkakas berbahan vanadium
(sumber : google.com)

3. Refleksi

a. Logam adalah unsur kimia yang mempunyai sifat-sifat kuat, liat, keras, penghantar listrik dan panas, serta mempunyai titik cair tinggi

b. Dalam penggunaan serta pemakainnya, logam pada umumnya tidak merupakan senyawa logam, tetapi merupakan paduan.

c. Logam dapat dibagi dalam dua golongan yaitu logam ferro atau logam besi dan logam non ferro yaitu logam bukan besi.

d. Jenis logam ferro adalah sebagai berikut.

   1) Besi Tuang

   2) Besi Tempa

   3) Baja Lunak

   4) Baja Karbon Sedang

   5) Baja Karbon Tinggi

   6) Baja Karbon Tinggi Dengan Campuran

e. Logam Nonferro :Logam nonferro yaitu logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Logam nonferro antara lain sebagai berikut.

   1) Tembaga (Cu)

   2) Alumimium (Al)

   3) Timbal (Pb)

f. Bahan Nonlogam adalah suatu bahan teknik yang tidak termasuk ke dalam kelompok logam antara lain ; asbes, karet, dan plastik.

g. Baja dapat dikelompokkan berdasarkan :

   1) Kadar karbon

   2) Komposisi

3) Kemurnian

4) Proses pembuatan

5) Penggunaan

6) Struktur larutan padat

h. Besi tuang seperti halnya baja, pada dasarnya adalah paduan besi-karbon yang lebih tinggi, biasanya antara 2,5 - 4,0 % karbon

Pengelompokkan besi tuang :

1) Besi tuang putih

2) Besi tuang mampu tempa

3) Besi tuang kelau

4) Besi tuang nodular

i. Logam Non-Ferro (Non-Ferrous Metal) ialah jenis logam yang secara kimiawi tidak memiliki unsur besi atau Ferro (Fe)

Contoh logam non ferro :

1) Tembaga
2) Kuningan
3) Perunggu
4) Aluminium
5) Perak
6) Emas
7) Timbal
8) Titanium
9) Nikel
10) Timah putih
11) Seng
12) Chromium
13) Magnesium
14) Merkuri
15) Tungsten
16) Vanadium

4. Tugas

a. Buatlah kelompok diskusi terdiri atas 5 orang
b. Lakukan pengamatan terhadap salah satu mesin/peralatan pertanian
c. Dari hasil pengamatan, apakah ada benda-benda yang mempunyai sifat yang sama?
d. Catat bagian-bagian utama mesin/peralatan tersebut
e. Tuliskan fungsi dari masing-masing bagian tersebut

f. Klasifikasikan bagian-bagian tersebut sesuai dengan jenis material pembentuknya

g. Bandingkan dengan hasil pengamatan kelompok lain!

h. Tulislah kesimpulan dari hasil pengamatan pada buku tugas dan kumpulkan pada gurumu!

No	Nama Bagian	Fungsi Bagian	Jenis material	Sifat material
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Bandingkan dan Simpulkan

Bandingkan hasil pengamatanmu dengan hasil pengamatan temanmu. Catat persamaan dan perbedaannya. Coba diskusikan, jika hasil pengamatan dikomunikasikan kepada orang lain, apakah orang tersebut memperoleh pemahaman yang sama? Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, hal penting apakah yang harus dirumuskan bersama? Diskusikan dalam kelompokmu.

C. Penilaian

Pada Kegiatan Belajar Pembelajaran 2. Jenis dan Sifat Bahan Logam, Penilaian terdiri dari : Penilaian Sikap; Penilaian Pengetahuan

1. Sikap

Penilaian sikap terdiri dari : Penilaian Sikap Spiritual dan Sikap Sosial (Teliti).

Lembaran ini diisi oleh guru/ siswa/ teman siswa, untuk menilai sikap siswa. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh siswa, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut :

4 = Selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = Sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = Kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dasering tidak melakukan

1 = Tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Petunjuk penskoran

Skor akhir menggunakan skala 1 sampai 4

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus:

$$\frac{Skor}{Skor\ tertinggi} x\ 4 = skor\ akhir$$

Contoh :

Skor diperoleh 14, skor tertinggi 5 x 5 pernyataan = 20, maka skor akhir :

$$\frac{14}{20} x\ 4 = 2{,}8$$

Siswa memperoleh nilai

Sangat baik : apabila memperoleh skor 3,20 – 4,00 (80-100)

Baik : apabila memperoleh skor 2,80 – 3,19 (70-79)

Cukup : apabila memperoleh skor 2,40 – 2,79 (60-69)

Kurang : apabila memperoleh skor kurang dari 2,40 (< 60)

a. Sikap Spiritual

Nama Siswa : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Memberi salam pada saat awal dan akhir presentasi sesuai agama yang dianut				
3	Mengucapkan syukur ketika berhasil mengerjakan sesuatu				
4	Berserah diri (tawakal) kepada Tuhan setelah berikhtiar atau melakukan usaha				
5	Memelihara hubungan baik dengan sesama umat ciptaan Tuhan Yang Maha Esa				
Jumlah Skor					

b. Sikap sosial (Teliti)

Nama Siswa : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Teliti dalam membaca buku				
2	Teliti dalam mencari bahan informasi				
3	Teliti dalam membaca bahan informasi				
4	Teliti dalam saat praktik				
5	Teliti dalam dalam membuat laporan / presentasi				
Jumlah Skor					

2. Pengetahuan

Penilaian pengetahuan terdiri dari : Penilaian Tugas dan Penilaian Tes Tertulis

a. Penilaian Tugas

Penilaian tugas berupa penilaian laporan dan atau penilaian presentasi hasil tugas. Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai sikap siswa. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh siswa, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut:

No	Aspek Yang Dinilai	Nilai			
		1	**2**	**3**	**4**
1	Pemahaman materi pada buku teks	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
2	Hasil pengumpulan informasi	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
3	Penyusunan laporan	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
4	Presentasi	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami

Nama Siswa : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : …………………………

Materi Pokok : …………………………

No	Aspek Pengamatan	Skor				Nilai
		1	2	3	4	
1	Pemahaman materi pada buku teks					
2	Hasil pengumpulan informasi					
3	Penyusunan laporan					
4	Presentasi					
Jumlah Skor						

$$\text{Nilai tes tertulis siswa} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor tertinggi}} \text{ x } 100$$

Catatan : Apabila tidak menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 3 x 4 = 12. Sedang apabila menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 4 x 4 = 16

b. Penilaian Tes Tertulis

No	Soal tes tertulis	Kunci jawaban	Skor
1	Pada dasarnya logam dibagi menjadi dua golongan yaitu logam ferro dan logam non ferro. Jelaskan perbedaannya	Logam ferro adalah suatu logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi Logam nonferro yaitu logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe)	**20**
2	Baja dapat dapat digolongkan berdasarkan apa saja	1. Kadar karbon 2. Komposisi 3. Kemurnian 4. Proses pembuatan 5. Penggunaan 6. Struktur larutan padat	**25**
3	Sebutkan sifat kimia dari logam	kuat, liat, keras, penghantar listrik dan panas, serta mempunyai titik cair tinggi	**15**
4	Sebutkan jenis baja berdasarkan proses pembuatannya	1) Baja tungku listrik 2) Baja Siemens-Martin (baja S-M) 3) Baja Linz-Donawitz (baja LD) 4) Baja Thomas	**20**
5	Sebutkan minimal 4 contoh logam nonferro	Tembaga, Kuningan, Perunggu, Aluminium, Perak, Emas, Timbal, Titanium, Nikel, Timah putih, Seng, Chromium, Magnesium, Merkuri, Tungsten, Vanadium	**20**

Kegiatan Pembelajaran 3. Proses Pembuatan Besi dan Baja

A. Deskripsi

Besi dan baja merupakan logam yang banyak sumbangannya bagi perkembangan kebudayaan manusia. Hal ini disebabkan karena :

1. Jumlahnya yang cukup melimpah
2. Memiliki sifat mekanik yang menarik
3. Mudah dikerjakan dengan forming maupun dengan machining
4. Harganya relative murah
5. Dll.

Pemanfaatanya besi dipergunakan dalam keadaan paduan bukan dalam keadaan murni. Paduan besi umumnya dengan carbon, yang dikenal sebagai baja dan besi tuang. Besi dan baja tuang bukan hanya berbeda kadar karbonnya tetapi juga berbeda struktur mikronya dan berbeda sifatnya.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Siswa mengetahui dan memahami proses pembuatan besi kasar
b. Siswa mengetahui dan memahami proses pembuatan baja
c. Siswa mengetahui dan memahami proses pembuatan besi tuang dan besi tempa
d. Siswa mengetahui unsur-unsur paduan dan pengaruhnya pada baja

2. Uraian Materi

a. Pembuatan Besi Kasar

Proses pembuatan besi kasar (*pig iron*) umumnya merupakan proses reduksi pada tanur tinggi. Bahan yang digunakan adalah : bijih besi, kokas, dan batu kapur. Proses pembakaran dimulai setelah dihembuskannya udara panas (*steam*) ke dalam tanur tinggi.



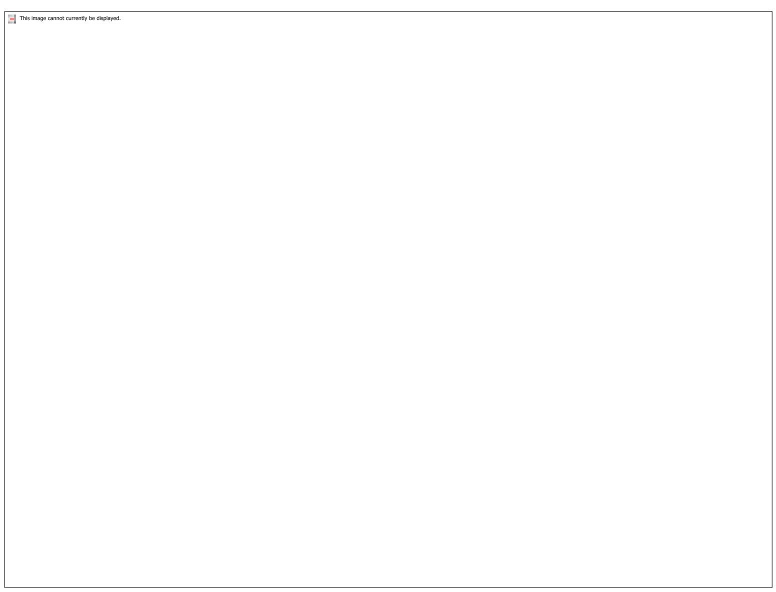
Gambar 46. Bijih besi (sumber : google.com)

Bijih besi merupakan bahan baku pembuatan besi yang dapat berupa senyawa oksida, karbonat, dan sulfida serta tercampur sengan unsur lain misalnya silikon. Bijih besi diolah dalam tanur atau dapur tinggi untuk menghasilkan besi kasar. Besi kasar adalah bahan baku untuk pembuatan besi cor (*cast iron*), besi tempa (*wrought iron*), dan baja (*steel*). Ketiga macam bahan itu banyak dipakai dalam bidang teknik.



Gambar 47. Kokas (sumber : google.com)

Baja adalah logam paduan antara besi dan karbon dengan kadar karbonnya secara teoritis maksimum 1,7%. Besi cor adalah logam paduan antara besi dan karbon yang kadarnya 1,7% sampai 3,5%. Besi tempa adalah baja yang mempunyai kadar karbon rendah.



Gambar 48. Batu kapur (sumber : google.com)

Dilihat dari kegunaannya maka besi dan baja campuran merupakan tulang punggung peradaban modern saat ini untuk peralatan transportasi, bangunan, pertanian, dan peralatan mesin.

1) Bahan Asal Besi

   Bahan dasar besi mentah ialah bijih besi yang jumlah persentase besinya haruslah sebesar mungkin. Besinya merupakan besi oksida (Fe_2O_4 dan Fe_2O_3) atau besi karbonat ($FeCO_2$) yang dinamakan batu besi spat. Pengolahan besi mentah pada dapur tinggi dilakukan dengan cara mereduksi bijih besi menggunakan kokas, bahan tambahan, dan udara panas.

   Bijih besi didatangkan dari tambang dalam berbagai mutu dan bongkahan yang tidak sama besar, serta bercampur dengan batu dan tanah liat.

   Bongkahan bijih besi dipecah menjadi butiran yang sama besar, dengan ukuran paling besar 60 mm kemudian dimasukkan ke dalam pemecah bijih melalui kisi-kisi goyang supaya masuknya sama rata.



Gambar 49. Mesin pemecah batuan (sumber : google.com)

Dari mesin pemecah bijih, besi diantar ke tromol magnet dengan sebuah talang goyang yang lain. Dalam tromol tersebut bijih besi dipisahkan dari batu-batu yang tercampur. Bijih besi kemudian dimasukkan ke dalam instalasi penyaring untuk disortir menurut besarnya, sselanjutnya dimasukkan ke dalam sebuah instalasi pencuci.

Bijih halus dan butiran yang lebih kecil dari 18 mm yang datang dari pemecah bijih diaglomir di dalam dapur atau panci sinter.

Pada proses sinter selalu ditambahkan debu bijih yang berjatuhan dari dapur tinggi dan dari instalalsi pembersih gas supaya dapat diambil besinya.

Di dalam dapur sinter mula-mula diisikan selapis bijih halus dan diatasnya bijih besi yang akan diaglomir. Bubuk bijih tidak dapat jatuh melalui rangka bakar karena ditahan oleh bijih halus itu. Apabila isi panci telah selesai dikerjakan panci berputar dan massa dijatuhkan ke dalam gerobak melalui pemecah bergigi yang berputar dan memecah menjadi potongan yang sama besar.

2) Macam-Macam Pengolahan Besi Dan Logam

Didalam perut bumi tempat kita tinggal ternyata banyak sekali mengandung zat-zat yang berguna untuk keperluan hidup kita sehari-hari, misalnya minyak tanah, bensin, solar dan lain-lainnya yang disebut minyak bumi. Disamping itu juga terdapat unsur-unsur kimia yang berguna bagi manusia seperti bijih besi, nikel, tembaga, uranium, titanium, timah dan masih banyak lagi, beserta mineral dan batu-batuan. Salah satu zat yang terdapat di dalam bumi yang sangat berguna bagi manusia ialah air dengan rumus kimianya H_2O, sebab tanpa air manusia sukar sekali mempertahankan kehidupannya.

Mineral adalah suatu bahan yang banyak terdapat di dalam bumi, yang mempunyai bentuk dan ciri-ciri khusus serta mempunyai susunan

kimia yang tetap. Sedangkan batu-batuan merupakan gabungan antara dua macam atau lebih mineral-mineral dan tidak mempunyai susunan kimia yang tetap.

Bijih ialah mineral atau batu-batuan yang mengandung satu macam atau beberapa macam logam dalam prosentase yang cukup banyak untuk dijadikan bahan tambang. Banyaknya logam yang terkandung dalam bijih itu berbeda-beda. Logam dalam keadaan murni jarang sekali terdapat di dalam bumi, kebanyakan merupakan senyawa-senyawa oksida, sulfida, karbonat, dan sulfat yang merupakan bijih logam yang perlu diproses menjadi bahan logam yang bermanfaat bagi manusia.

3) Pembuatan Besi Kasar (Ingot)

Bahan utama untuk membuat besi kasar adalah bijih besi. Berbagai macam bijih besi yang terdapat di dalam kulit bumi berupa oksid besi dan karbonat besi, diantaranya yang terpenting adalah sebagai berikut.

a) Batu besi coklat ($2Fe_2O_3$ + 3H2O) dengan kandungan besi berkisar 40%.

b) Batu besi merah yang juga disebut hematit (Fe_2O_3) dengan kandungan besi berkisar 50%.

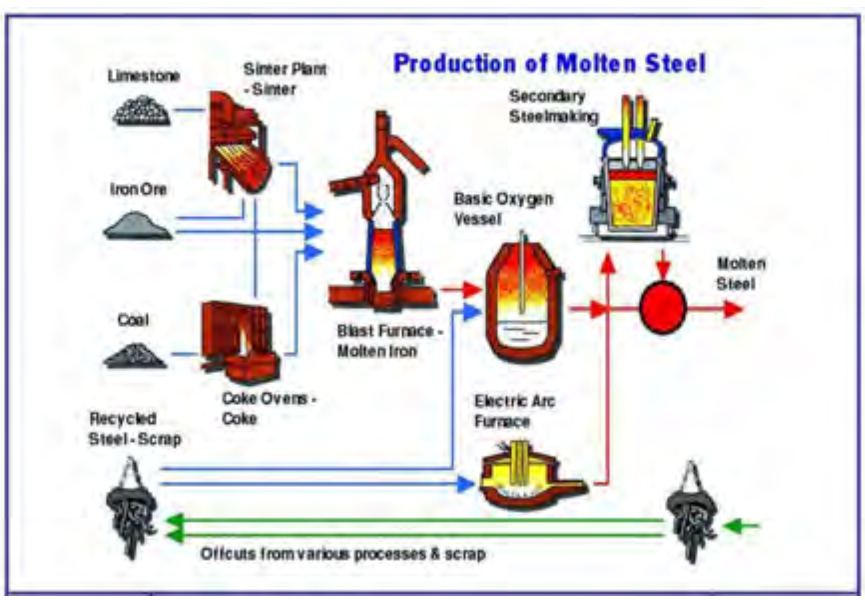
c) Batu besi magnet (Fe_2O_4) berwarna hijau tua kehitaman, bersifat magnetis dengan mengandung besi berkisar 60%.

d) Batu besi kalsit atau spat (FeCO3) yang juga disebut sferosiderit dengan mengandung besi berkisar 40%.

Bijih besi dari tambang biasanya masih bercampur dengan pasir, tanah liat, dan batu-batuan dalam bongkah-bongkahan yang tidak sama besar. Untuk kelancaran proses pengolahan bijih besi, bongkah-bongkah tersebut dipecahkan dengan mesin pemecah, kemudian disortir antara

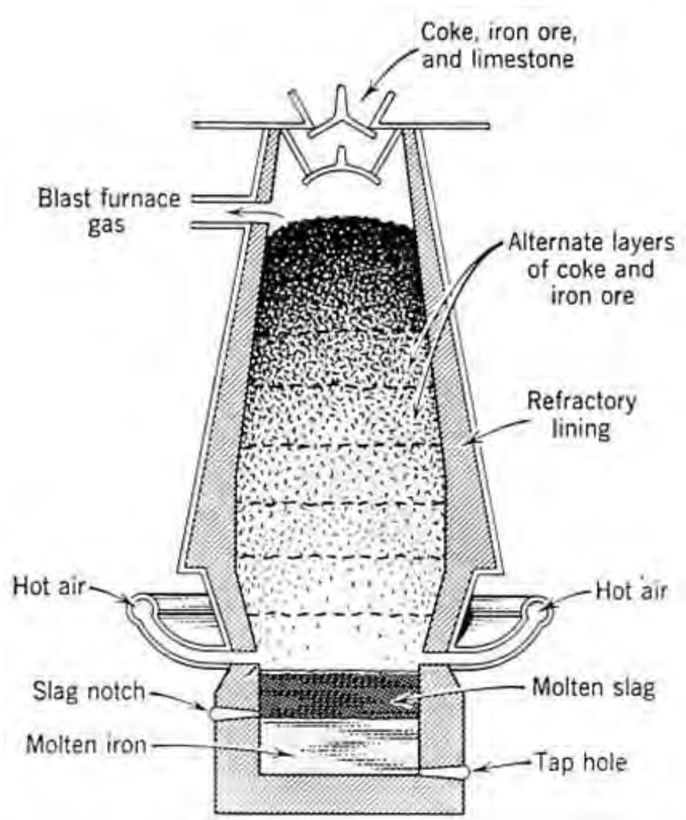
bijih besi dan batu-batuan ikutan dengan tromol magnet. Pekerjaan selanjutnya adalah mencuci bijih besi tersebut dan mengelompokkan menurut besarnya, bijih besi halus dan butir-butir yang kecil diaglomir di dalam dapur sinter atau rol hingga berupa bola-bola yang dapat dipakai kembali sebagai isi dapur.

Setelah bijih besi itu dipanggang di dalam dapur panggang agar kering dan unsur-unsur yang mudah menjadi gas keluar dari bijih kemudian dibawa ke dapur tinggi diolah menjadi besi kasar. Dapur tinggi mempunyai bentuk dua buah kerucut yang berdiri satu di atas yang lain pada alasnya. Pada bagian atas adalah tungkunya yang melebar ke bawah, sehingga muatannya dengan mudah meluncur kebawah dan tidak terjadi kemacetan. Bagian bawah melebar ke atas dengan maksud agar muatannya tetap berada di bagian ini. Dapur tinggi dibuat dari susunan batu tahan api yang diberi selubung baja pelat untuk memperkokoh konstruksinya. Dapur diisi dari atas dengan alat pengisi. Berturut-turut dimasukkan kokas, bahan tambahan (batu kapur) dan bijih besi.



Gambar 50. Skema peleburan bijih besi (sumber : google.com)

Kokas adalah arang batu bara yaitu batu bara yang sudah didestilasikan secara kering dan mengandung belerang yang sangat rendah sekali. Kokas berfungsi sebagai bahan bakarnya dan membutuhkan zat asam yang banyak sebagai pengembus. Agar proses dapat berjalan dengan cepat udara pengembus itu perlu dipanaskan terlebih dahulu di dalam dapur pemanas udara.



Gambar 51. Tanur tinggi (sumber : google.com)

Besi cair di dalam dapur tinggi, kemudian dicerat dan dituang menjadi besi kasar, dalam bentuk balok-balok besi kasar yang digunakan sebagai bahan ancuran untuk pembuatan besi tuang (di dalam dapur kubah), atau dalam keadaan cair dipindahkan pada bagian pembuatan baja di dalam konvertor atau dapur baja yang lain, misalnya dapur Siemen Martin.



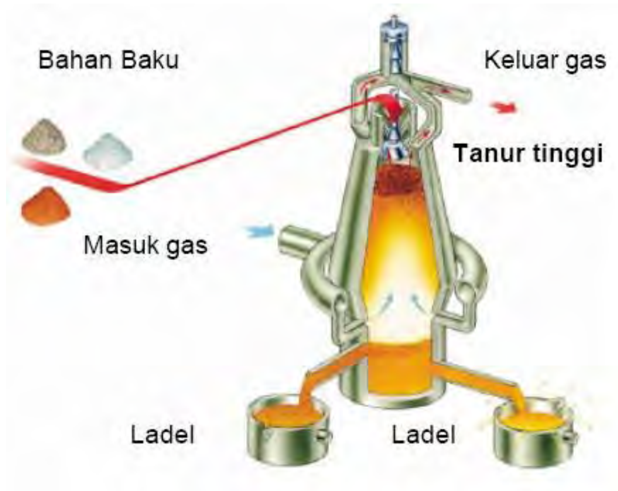
Gambar 52. Proses penuangan logam cair (sumber : google.com)

Batu kapur sebagai bahan tambahan gunanya untuk mengikat abu kokas dan batu-batu ikutan hingga menjadi terak yang dengan mudah dapat dipisahkan dari besi kasar. Terak itu sendiri di dalam proses berfungsi sebagai pelindung cairan besi kasar dari oksida yang mungkin mengurangi hasil yang diperoleh karena terbakarnya besi kasar cair itu. Batu kapur ($CaCO_3$) terurai mengikat batu-batu ikutan dan unsur-unsur lain.

4) Proses Dalam Dapur Tinggi

Prinsip dari proses dapur tinggi adalah prinsip reduksi. Pada proses ini zat karbon monoksida dapat menyerap zat asam dari ikatan-ikatan besi zat asam pada suhu tinggi. Pada pembakaran suhu tinggi + 1800°C dengan udara panas, maka dihasilkan suhu yang dapat menyelenggarakan reduksi tersebut. Agar tidak terjadi pembuntuan

karena proses berlangsung maka diberi batu kapur sebagai bahan tambahan. Bahan tambahan bersifat asam apabila bijih besinya mempunyai sifat basa dan sebaliknya bahan tambahan diberikan yang bersifat basa apabila bijih besi bersifat asam.



Gambar 53. Skema tanur tinggi (sumber : google.com)

Gas yang terbentuk dalam dapur tinggi selanjutnya dialirkan keluar melalui bagian atas dan ke dalam pemanas udara. Terak yang menetes ke bawah melindungi besi kasar dari oksida oleh udara panas yang dimasukkan, terak ini kemudian dipisahkan. Proses reduksi di dalam dapur tinggi tersebut berlangsung sebagai berikut:

Zat arang dari kokas terbakar menurut reaksi : $C + O_2$ CO_2 sebagian dari CO_2 bersama dengan zat arang membentuk zat yang berada ditempat yang lebih atas yaitu gas CO. $CO2 + C \rightarrow 2CO$ Di bagian atas dapur tinggi pada suhu 3000 sampai 8000 ˚C oksida besi yang lebih tinggi diubah menjadi oksid yang lebih rendah oleh reduksi tidak langsung dengan CO tersebut menurut prinsip : $Fe2O3 + CO \rightarrow 2FeO + CO2$

Pada waktu proses berlangsung muatan turun ke bawah dan terjadi reduksi tidak langsung menurut prinsip : FeO+CO FeO+CO2

Reduksi ini disebut tidak langsung karena bukan zat arang murni yang mereduksi melainkan persenyawaan zat arang dengan oksigen. Sedangkan reduksi langsung terjadi pada bagian yang terpanas dari dapur, yaitu langsung di atas pipa pengembus. Reduksi ini berlangsung sebagai berikut. $FeO + C \rightarrow Fe + CO$.

CO yang terbentuk itulah yang naik ke atas untuk mengadakan reduksi tidak langsung tadi. Setiap 4 sampai 6 jam dapur tinggi dicerat, pertama dikeluarkan teraknya dan baru kemudian besi. Besi yang keluar dari dapur tinggi disebut besi kasar atau besi mentah yang digunakan untuk membuat baja pada dapur pengolahan baja atau dituang menjadi balok-balok tuangan yang dikirimkan pada pabrik-pabrik pembuatan baja sebagai bahan baku.

Besi cair dicerat dan dituang menjadi besi kasar dalam bentuk balok-balok besi kasar yang digunakan sebagai bahan ancuran untuk pembuatan besi tuang (di dalam dapur kubah) atau masih dalam keadaan cair dipindahkan pada bagian pembuatan baja (dapur Siemen Martin).

Terak yang keluar dari dapur tinggi dapat pula dimanfaatkan menjadi bahan pembuatan pasir terak atau wol terak sebagai bahan isolasi atau sebagai bahan campuran semen. Besi cair yang dihasilkan dari proses dapur tinggi sebelum dituang menjadi balok besin kasar sebagai bahan ancuran di pabrik penuangan, perlu dicampur dahulu di dalam bak pencampur agar kualitas dan susunannya seragam.

Dalam bak pencampur dikumpulkan besi kasar cair dari bermacam-macam dapur tinggi yang ada untuk mendapatkan besi kasar cair yang sama dan merata. Untuk menghasilkan besi kasar yang sedikit mengandung belerang di dalam bak pencampur tersebut dipanaskan lagi menggunakan gas dapur tinggi.

b. Pembuatan Baja Dari Besi Kasar

Besi kasar sebagai hasil dari dapur tinggi masih banyak mengandung unsur-unsur yang tidak cocok untuk bahan konstruksi, misalnya zat arang (karbon) yang terlalu tinggi, fosfor, belerang, silisium dan sebagainya. Unsur-unsur ini harus serendah mungkin dengan berbagai cara.

Untuk menurunkan kadar karbon dan unsur tambahan lainnya dari besi kasar digunakan dengan cara sebagai berikut.

1) Proses Konvertor :
    a) Proses Bessemer untuk besi kasar dengan kadar fosfor yang rendah.
    b) Proses Thomas untuk besi kasar dengan kadar fosfor yang tinggi.
    c) Proses Oksi, proses LD, Kaldo dan Oberhauser
    d) Proses Martin (dapur Siemen Martin)
    e) Proses Martin asam untuk besi kasar dengan kadar fosfor rendah.
    f) Proses Martin basa untuk besi kasar dengan kadar fosfor tinggi.
2) Dapur Listrik untuk baja Campuran
    a) Dapur listrik busur nyala api.
    b) Dapur listrik induksi.
3) Proses Peleburan Baja

    Di dalam proses peleburan baja terdiri dari beberapa proses yaitu.

    a) Proses konverter
    b) Proses martin
    c) Proses dapur listrik (untuk baja campuran)

    Dimana proses konverter adalah salah satu proses dari dapur baja yang menggunakan batu bata tahan api yang bersifat asam dan juga batu bata yang bersifat basa. Fungsi dari pada batu bata tahan api tersebut adalah menahan panas dan mampu sampai lebih dari 1000 derajat Celcius.

Biasa digunakan pada incinerator, cerobong, kiln, dryer, rotary, dll. Batu bata tahan api seniri diperlukan oleh setiap industri yang dalam pengolahan produksinya mengunakan Tungku Pembakaran (Furnace), Ketel Uap (boiler), dan Tungku Peleburan.

4) Proses Konverter

a) Proses Bessemer (1855)



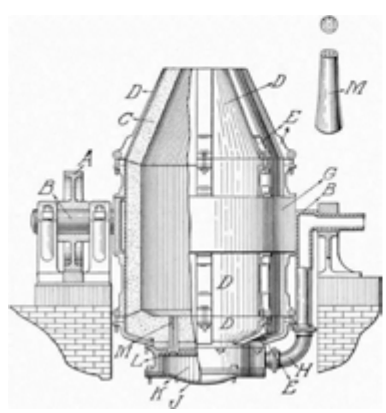
Gambar 54. Henry Bessemer (sumber : wikipedia.org)

Konvertor Bessemer adalah sebuah bejana baja dengan lapisan batu tahan api yang bersifat asam. Dibagian atasnya terbuka sedangkan pada bagian bawahnya terdapat sejumlah lubang-lubang untuk saluran udara. Bejana ini dapat diguling-gulingkan.

Korvertor Bessemer diisi dengan besi kasar kelabu yang banyak mengandung silisium. Silisium dan mangan terbakar pertama kali, setelah itu baru zat arang yang terbakar. Pada saat udara mengalir melalui besi kasar udara membakar zat arang dan campuran tambahan sehingga isi dapur masih tetap dalam keadaan encer.

Setelah lebih kurang 20 menit, semua zat arang telah terbakar dan terak yang terjadi dikeluarkan. Mengingat baja membutuhkan karbo sebesar 0,0 sampai 1,7 %, maka pada waktu proses terlalu banyak yang hilang terbakar, kekurangan itu harus ditambahy dalam bentuk besi yang banyak mengandung karbon. Dengan jalan ini kadar karbon ditingkatkan lagi. Dari oksidasi besi yang terbentuk dan mengandung zat asam dapat dikurangi dengan besi yang mengandung mangan. Udara masih dihembuskan ke dalam bejana tadi dengan maksud untuk mendapatkan campuran yang baik. Kemudian terak dibuang lagi dan selanjutnya muatan dituangkan ke dalam panci penuang.

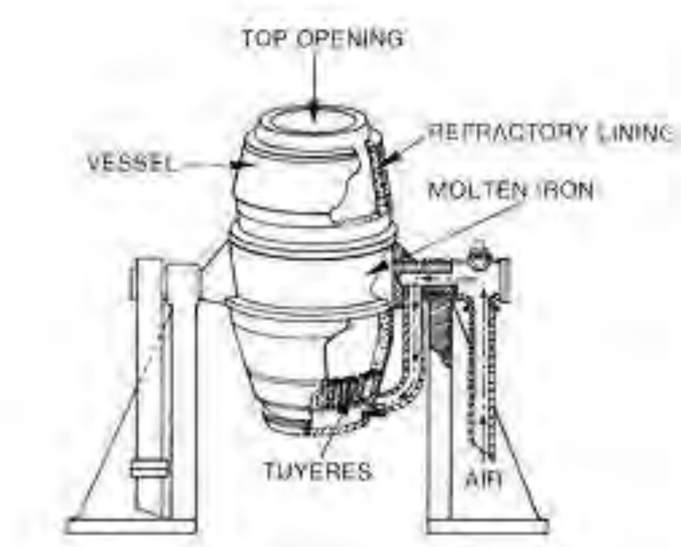
Pada proses Bessemer menggunakan besi kasar dengan kandungan fosfor dan belerang yang rendah tetapi kandungan fosfor dan belerang masih tetap agak tinggi karena dalam prosesnya kedua unsur tersebut tidak terbakar sama sekali. Hasil dari konvertor Bessemer disebut baja Bessemer yang banyak digunakan untuk bahan konstruksi. Proses Bessemer juga disebut proses asam karena muatannya bersifat asam dan batu tahan apinya juga bersifat asam. Apabila digunakan muatan yang bersifat basa lapisan batu itu akan rusak akibat reaksi penggaraman.



Gambar 55. Skema reaktor Bessemer (sumber : google.com)

b) Proses Pembuatan Baja Dengan Metode Bessemer

Proses Bessemer adalah proses untuk produksi massa baja dari cair pig iron. Proses ini dinamai sesuai dengan nama penemunya, Henry Bessemer, yang mengeluarkan paten pada tahun 1855. Proses itu independen ditemukan pada 1851 oleh William Kelly. Proses ini juga telah digunakan di luar Eropa selama ratusan tahun, tetapi tidak pada skala industri. Prinsip utama adalah menghilangkan kotoran dari besi dengan oksidasi dengan udara yang ditiup melalui besi cair. Oksidasi juga meningkatkan suhu massa besi dan menyimpannya cair.



Gambar 56. Komponen reaktor bessemer
(sumber : google.com)

Proses ini dilakukan dalam kontainer baja bulat telur besar yang disebut Converter Bessemer . Konvertor dibuat dari plat baja dengan sambungan las atau paku keling. Bagian dalamnya dibuat dari batu tahan api. Batu tahan api yang digunakan untuk lapisan bagian dalam Konvertor dapat bersifat asam atau basa tergantung

dari sifat baja yang diinginkan. Konvertor disangga dengan alat penyangga yang dilengkapi dengan trunnion untuk mengatur posisi horizontal atau vertikal Konvertor.

Kapasitas sebuah konverter 8-30 ton besi cair dengan muatan yang biasa berada di sekitar 15 ton. Dibagian atas konverter merupakan pembukaan, biasanya miring ke sisi relatif terhadap tubuh kapal, dimana besi diperkenalkan dan produk jadi dihapus. Bagian bawah ini berlubang dengan sejumlah saluran yang disebut tuyères melalui udara dipaksa menjadi konverter. Konverter ini diputar pada trunnions sehingga dapat diputar untuk menerima tuduhan, berbalik tegak selama konversi dan kemudian diputar lagi untuk menuangkan baja cair di akhir.

c) Secara umum proses kerja konverter adalah:
   - Dipanaskan dengan kokas sampai suhu 1500oC.
   - Dimiringkan untuk memasukkan bahan baku baja (+1/8 dari volume konverter).
   - Konverter ditegakkan kembali.
   - Dihembuskan udara dengan tekanan 1,5 – 2 atm dengan kompresor.
   - Setelah 20 – 25 menit konverter dijungkirkan untuk mengeluarkan hasilnya

5) Proses Thomas (1878)

Konvertor Thomas juga disebut konvertor basa dan prosesnya adalah proses basa, sebab batu tahan apinya bersifat basa serta digunakan untuk mengolah besi kasar yang bersifat basa. Muatan konvertor Thomas adalah besi kasar putih yang banyak mengandung fosfor.

Proses pembakaran sama dengan proses pada konvertor Bessemer, hanya saja pada proses Thomas fosfor terbakar setelah zat arangnya terbakar. Pengaliran udara tidak terus-menerus dilakukan karena besinya sendiri akan terbakar.

Pencegahan pembakaran itu dilakukan dengan menganggap selesai prosesnya walaupun kandungan fosfor masih tetap tinggi. Guna mengikat fosfor yang terbentuk pada proses ini maka diberi bahan tambahan batu kapur agar menjadi terak. Terak yang bersifat basa ini dapat dimanfaatkan menjadi pupuk buatan yang dikenal dengan nama pupuk fosfat. Hasil proses yang keluar dari konvertor Thomas disebut baja Thomas yang biasa digunakan sebagai bahan konstruksi dan pelat ketel.

Proses Thomas disebut juga "Basic Bessemer Process" yaitu proses Bessemer dalam keadaan basa. Proses ini memakai Converter yang di bagian dalamnya dilapisi bahan tahan api (refractory) bersifat basa seperti dolomite (Mg CO3 CaCO3).



Gambar 57. Tungku bessemer, yang digunakan dalam proses thomas (sumber : google.com)

Pertama-tama converter diisi dengan batu kapur, kemudian besi mentah (pig iron) cair yang mengandung unsur phosfor (P) : 1,6 - 2% ; dan sedikit Si dan S (0,6% Si, 0,07 % S).

Pada periode I (Slag forming period = Silicon blow) yaitu pada saat penghembusan, unsur Fe, Si, Mn akan teroksider dan terbentuklah terak basa (basic slag). Dengan adanya batu kapur, akan terjadi kenaikan temperatur, tetapi unsur phosfor (P) yang terkandung dalam besi mentah belum dapat dipisahkan dari Fe.

Pada periode ke II (The brilliant flame blow = Carbon blow) yang ditandai dengan adanya penurunan temperatur, dimana Carbon (C) akan terbakar, berarti kadar C menurun. Jika kadar C tinggal 0,1 - 0,2%, maka temperatur akan turun menjadi 1400 - 1420˚C.

Setelah temperatur turun menjadi 1400˚C, mulailah periode ke III (Reddish Smoke Periode) yaitu terjadinya oksidasi dari Fe secara intensif dan terbentuklah terak dengan reaksi :

Peristiwa ini berlangsung + 3 - 5 menit, dan selanjutnya terbentuklah terak Phospor [CaO4+P2O5] yang diikuti kenaikan temperatur yang mendadak menjadi 1600oC. Setelah periode ke III ini berakhir, hembusan udara panas dihentikan dan converter dimiringkan untuk mengeluarkan terak yang mengapung di atas besi cair.

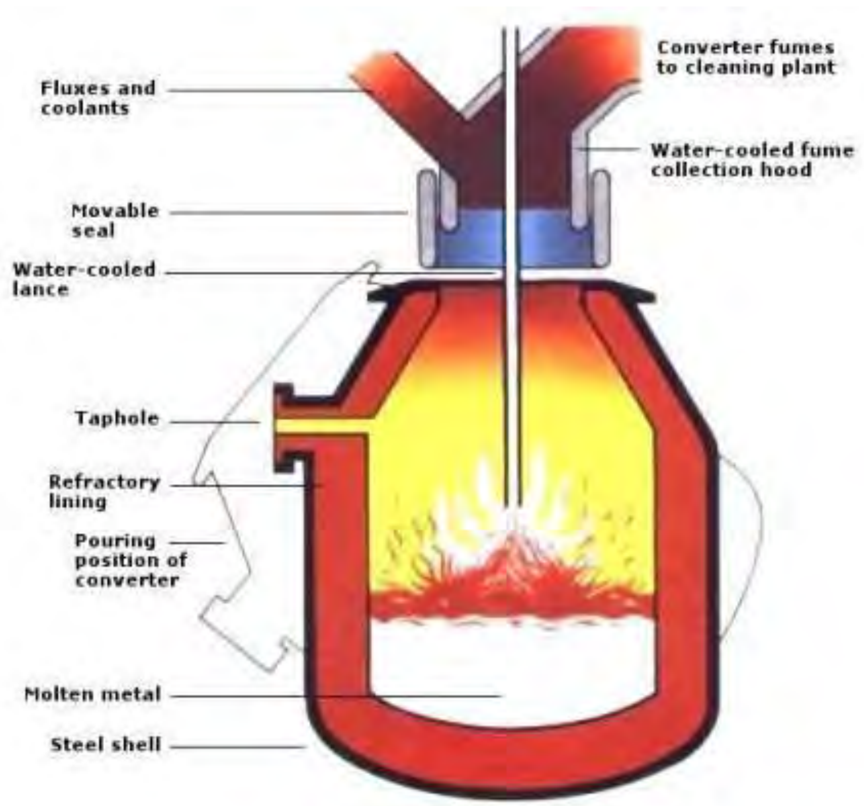
Kemudian diberi doxiders/deoxidising agents misalnya Ferro Monggan, Ferro Silicon atau Aluminium untuk menghilangkan Oksigen (O2) serta memberikan kadar Mn dan Si supaya diperoleh sifat-sifat tertentu dari baja yang dihasilkan. Terak yang dihasilkan mengandung + 22 % P2O5 merupakan hasil ikatan yang diperoleh dan dapat digunakan sebagai pupuk tanaman. Baja yang dihasilkan digunakan sebagai bahan dalam proses pengecoran seperti pembuatan baja tuang atau baja profil (steel section) seperti baja siku, baja profil I, C.

6) Proses Oksidasi

Proses oksidasi menghilangkan pengotor seperti silikon, mangan dan karbon sebagai oksida yang akan membentuk gas ataupun terak padat. Lapisan tahan panas konverter juga memainkan peran dalam lapisan tanah liat yang konversinya menggunakan dalam asam Bessemer, dimana ada rendah fosfor dalam bahan baku. Dolomit digunakan ketika kandungan fosfor tinggi di dasar Bessemer (kapur atau magnesit pelapis juga kadang-kadang digunakan sebagai pengganti dolomit). Dalam rangka memberikan baja sifat yang diinginkan, zat lainnya dapat ditambahkan ke baja cair saat konversi selesai adalah spiegeleisen (karbon-mangan paduan besi).

Proses Bessemer diinginkan baja bersifat asam sehingga batu tahan apinya harus bersifat asam (Misal : kwarsa atau aksid asam SiO_2). Proses Bessemer juga disebut proses asam karena muatannya bersifat asam serta batu tahan apinya juga bersifat asam. Apabila digunakan muatan yang bersifat basa lapisan batu itu akan rusak akibat reaksi penggaraman.

Besi mentah cair yang digunakan dalam proses Bessemer harus mempunyai kadar unsur Si <= 2%; Mn <= 1,5%; kadar unsur P dan S sekecil mungkin. Ketika udara panas dihembuskan lewat besi mentah cair, unsur-unsur Fe, Si dan Mn terbakar menjadi oksidasinya.



Gambar 58. Reaktor oksigen, pada proses Bessemer
(sumber : google.com)

Sebagian oksida besi yang terbentuk pada reaksi di atas akan berubah menjadi terak dan sebagian lagi akan bereaksi dengan Si dan Mn.

Reaksi-reaksi di atas diikuti dengan kenaikan temperatur dari 1250˚C ke 1650˚C. Dari reaksi di atas akan terbentuk terak asam kira-kira 40 – 50% SiO2. Periode ini disebut periode pembentukan terak (*The slag forming period*). Periode ini disebut juga periode "*Silicon blow*". Periode ini berlangsung sekitar 4 – 5 menit yang ditandai adanya bunga api dan ledakan keluar dari mulut Konvertor.

Pada periode ke dua yang disebut "*The brilliant flame blow*" atau "*Carbon blow*" dimulai setelah Si dan Mn hampir semuanya terbakar dan keluar dari besi mentah cair. Reaksi itu diikuti dengan penurunan temperatur + 50 – 80% dan berlangsung +8 – 12 menit. CO akan keluar

dari mulut Konvertor dimana CO ini akan teroksider oleh udara luar dengan ditandai dengan timbulnya nyala api bersinar panjang di atas Konvertor.

Periode ketiga disebut "*Reddisk Smoke period*" yang merupakan periode brilliant flame terakhir. Periode ini ditandai adanya *Reddish smoke* (nyala api ke merah-merahan) keluar mulut Konvertor . Hal ini menunjukkan bahwa unsur campuran yang terdapat dalam besi mentah telah keluar dan tinggal oksida besi FeO. Periode ini berlangsung + 1 – 2 menit. Kemudian Konvertor diputar sehingga posisinya menuju posisi horizontal, lalu ditambahkan oksider (ferromanganesh, ferrosilicon atau Al) untuk mengikat O2 dan memadunya dengan baja yang dihasilkan. Baja Bessemer yang dihasilkan dengan proses di atas mengandung sangat sedikit unsur karbon.

Untuk baja Bessemer, kadar unsur C dapat dinaikkan dengan cara :

a) mengurangi udara penghembus terutama pada periode ke dua.
b) menambah C pada periode ke tiga hampir berakhir yaitu dengan menambahkan besi mentah.
c) Berat logam pada proses Bessemer ini akan berkurang + 8 – 12%

Ketika baja yang diperlukan sudah terbentuk, itu dicurahkan ke dalam ladle dan kemudian ditransfer ke dalam cetakan dan terak ringan yang tertinggal. Proses konversi yang disebut "pukulan" dilakukan dalam waktu sekitar dua puluh menit. Selama periode ini kemajuan oksidasi kotoran dapat dilihat atau dinilai oleh penampilan dari api yang keluar dari mulut konverter.



Gambar 59. Foundry ladle

Penggunaan metode modern fotolistrik pencatatan karakteristik nyala api telah sangat membantu blower dalam pengendalian kualitas akhir produk. Setelah pukulan, logam cair recarburized ke titik yang dikehendaki dan bahan paduan lainnya ditambahkan, tergantung pada produk yang diinginkan.

Proses pembuatan baja dapat diartikan sebagai proses yang bertujuan mengurangi kadar unsur C, Si, Mn, P dan S dari besi mentah dengan proses oksidasi peleburan. Konventer untuk proses "oksidasi berkapasitas antara 50-400 ton". Besi kasar dari tanur yang dituangkan ke dalam konventer disemburkan oksigen dari atas melalui pipa sembur yang bertekanan kira-kira 12 atm. Reaksi yang terjadi: $O2 + C \rightarrow CO2$

Penyemburan Oksigen berlangsung antara 10-20 menit. Penambahan waktu penyemburan akan mengakibatkan terbakarnya C, P, Mn dan Si.

Konvertor dibuat dari plat baja dengan sambungan las atau paku keling. Bagian dalamnya dibuat dari batu tahan api. Konvertor disangga dengan alat penyangga yang dilengkapi dengan trunnion untuk mengatur posisi horizontal atau vertikal Konvertor.

Pada bagian bawah konvertor terdapat lubang-lubang angin (tuyer) sebagai saluran udara penghembus (air blast). Batu tahan api yang digunakan untuk lapisan bagian dalam Konvertor dapat bersifat asam atau basa tergantung dari sifat baja yang diinginkan.



Gambar 60. Konvertor (sumber : google.com)

Keuntungan dari proses oksidasi adalah sebagai berikut :

a) Waktu proses relatif pendek.
b) Hasilnya mengandung fosfor (P)dan belerang (S) yang rendah.
c) Hasil yang diproduksi relatif lebih banyak dalam tempo yang sama
d) dibanding proses lainnya.
e) Biaya produksi baja tiap ton lebih murah

7) Proses Linz Donawitz (LD)

Mula-mula konventer dimiringkan, kemudian besi-besi bekas disusul dengan besi kasar cair dimasukkan ke dalam konventer. Tahap berikutnya, oksigen disemburkan dari atas selama 10-20 menit. Karena

di atas permukaan yang kontak dengan pipa sembur oksigen terjadi temperatur pembakaran yang tinggi, maka Phosphor akan terbakar terlebih dahulu baru kemudian Karbon. Dengan demikian Kadar P yang dicapai bisa lebih baik, yaitu 0.05%. Besi bekas yang bisa diikutsertakan untuk pembuatan baja hanya 40%.

Cara LD (Linz-Donawitz) yang telah dikembangkan oleh Vereinigte Osterreischische Eisen – und Stahlwerke Aktiengesellschaft (VOEST) dan Osterreischische Alpine Montangesellschaft telah meraih peranan yang berarti di dunia. Andilnya dalam pembuatan baja di dunia pada tahun 1974 melampaui 50%.



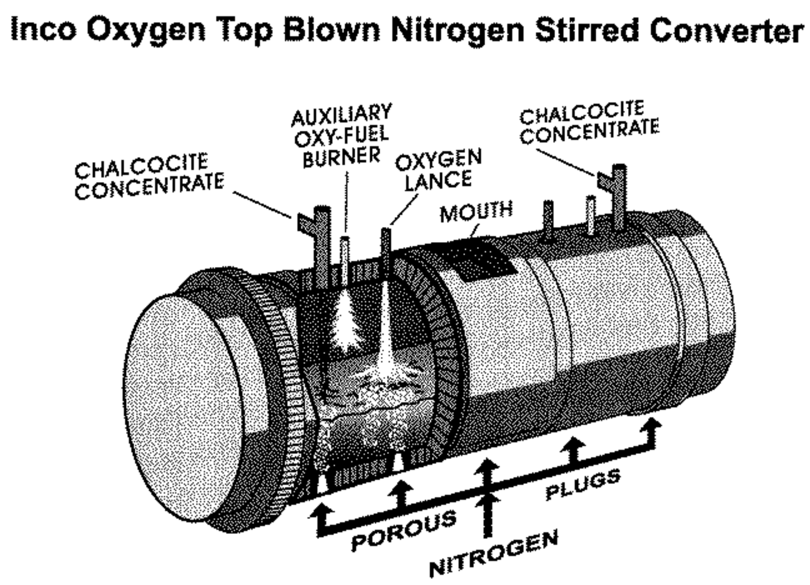
Gambar 61. Reaktor linz donawitz (sumber : google.com)

Didalam bejana yang dimiringkan mula-mula dimasukkan besi/baja rongsokan, kemudian besi mentah cair. Setelah bejana ditegakkan, sebuah pipa yang diberi pendingin air dimasukkan tegak lurus melalui lehernya yang terbuka. Melalui pipa ini dikempakan zat asam (oksigen)

murni yang bertekanan 6 – 12 bar dari moncong pancar yang berada di dekat permukaan kubangan lelehan. Hanya beberapa detik setelah itu, mulailah berlangsung proses pembakaran. Setelah itu dimasukkan pula batu kapur untuk membentuk terak.

Semakin lama berlangsungnya proses penghembusan, maka semakin sedikitlah kandungan zat arang di dalam baja yang terbentuk. Bersamaan dengan itu terbakar pula belerang dan phosphor sebagai unsur baja yang tidak diperlukan.

Baja dengan kandungan karbon 0,2% dapat dikenali melalui nyala api yang berkobar dari mulut bejana. Dan api yang sangat pendek akan menunjukkan akhir pembakaran karbon setelah berlangsung selama 20 menit.



Gambar 62. Skema reaktor linz donawitz (sumber : google.com)

Oksigen pembuatan baja dasar (BOS, BOP, BOF, dan OSM), juga dikenal sebagai Linz-Donawitz-Verfahren pembuatan baja atau proses konverter oksigen adalah metode utama pembuatan baja yang kaya karbon cair pig iron dibuat menjadi baja. Hembusan oksigen melalui pig

iron cair menurunkan kandungan karbon dari paduan dan mengubahnya menjadi baja karbon rendah. Proses ini dikenal sebagai akibat dasar untuk jenis refraktori – kalsium oksida dan magnesium oksida -garis kapal untuk menahan suhu tinggi logam cair.

Proses ini dikembangkan pada tahun 1948 oleh Robert Durrer dan dikomersialisasikan di 1.952-1.953 oleh Austria Voest dan ÖAMG . The converter LD, dinamai Austria kota Linz dan Donawitz (sebuah distrik Leoben) adalah versi halus dari konverter Bessemer mana bertiup udara diganti dengan meniup oksigen. Ini mengurangi biaya modal dari tanaman, waktu peleburan, dan produktivitas tenaga kerja meningkat.

Proses LD aslinya terdiri dalam meniup oksigen dari atas besi cair melalui nosel air-cooled tombak dari vertikal. Pada tahun 1960 pembuat baja memperkenalkan bottom-blown konverter dan memperkenalkan gas inert meniup untuk mengaduk logam cair dan menghapus fosfor kotoran.

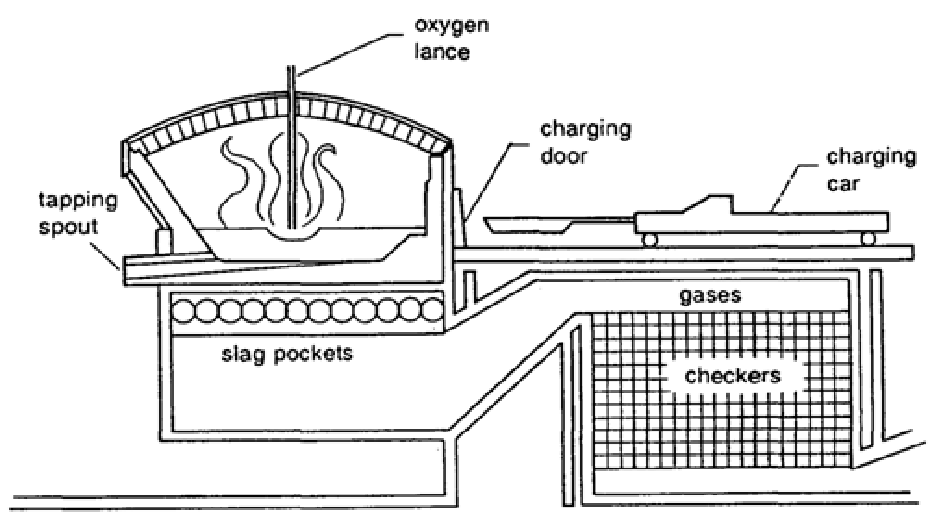
8) Proses Martin (Dapur Siemens Martin)

Proses lain untuk membuat baja dari bahan besi kasar adalah menggunakan dapur Siemens Martin yang sering disebut proses Martin. Dapur ini terdiri atas satu tungku untuk bahan yang dicairkan dan biasanya menggunakan empat ruangan sebagai pemanas gas dan udara. Pada proses ini digunakan muatan besi bekas yang dicampur dengan besi kasar sehingga dapat menghasilkan baja dengan kualitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan baja Bessemer maupun Thomas.

Gas yang akan dibakar dengan udara untuk pembakaran dialirkan ke dalam ruangan-ruangan melalui batu tahan api yang sudah dipanaskan dengan temperatur 600 sampai 900 derajat celcius. dengan demikian nyala apinya mempunyai suhu yang tinggi, kira-kira 1800 derajat celcius. gas pembakaran yang bergerak ke luar masih memberikan

panas kedalam ruang yang kedua, dengan menggunakan keran pengatur maka gas panas dan udara pembakaran masuk ke dalam ruangan tersebut secara bergantian dipanaskan dan didinginkan. Bahan bakar yang digunakan adalah gas dapur tinggi, minyak yang digaskan (*stookolie*) dan juga gas generator.

Pada pembakaran zat arang terjadi gas CO dan CO2 yang naik ke atas dan mengakibatkan cairannya bergolak, dengan demikian akan terjadi hubungann yang erat antara api dengan bahan muatan yang dimasukkan ke dapur tinggi. Bahan tambahan akan bersenyawa dengan zat asam membentuk terak yang menutup cairan tersebut sehingga melindungi cairan itu dari oksida lebih lanjut. Setelah proses berjalan selama 6 jam, terak dikeluarkan dengan memiringkan dapur tersebut dan kemudian baja cair dapat dicerat. Hasil akhir dari proses Martin disebut baja Martin. Baja ini bermutu baik karena komposisinya dapat diatur dan ditentukan dengan teliti pada proses yang berlangsung agak lama. Lapisan dapur pada proses Martin dapat bersifat asam atau basa tergantung dari besi kasarnya mengandung fosfor sedikit atau banyak.



Gambar 63. Dapur baja terbuka

Proses Martin asam terjadi apabila mengolah besi kasar yang bersifat asam atau mengandung fosfor rendah dan sebaliknya dikatakan proses Martin basa apabila muatannya bersifat basa dan mengandung fosfor yang tinggi. Keuntungan dari proses Martin dibanding proses Bessemer dan Thomas adalah sebagai berikut :

a) Proses lebih lama sehingga dapat menghasilkan susunan yang lebih baik dengan jalan percobaan-percobaan.
b) Unsur-unsur yang tidak dikehendaki dan kotoran-kotoran dapat dihindarkan atau dibersihkan.
c) Penambahan besi bekas dan bahan tambahan lainnya pada akhir proses menyebabkan susunannya dapat diatur sebaik-baiknya. Selain keuntungan di atas dan karena udara pembakaran mengalir di atas cairan maka hasil akhir akan sedikit mengandung zat asam dan zat lemas.

Proses Martin basa biasanya masih mengandung beberapa kotoran seperti zat asam, belerang, fosfor dan sebagainya. Sedangkan pada proses Martin asam kadar kotoran-kotoran tersebut lebih kecil.

Pada proses *Open-Hearth* digunakan campuran besi mentah (*pig iron*) padat atau cair dengan baja bekas (*steel scrap*) sebagai bahan isian (*charge*). Pada proses ini temperatur yang dihasilkan oleh nyala api dapat mencapai 1800 ˚C. Bahan bakar (*fuel*) dan udara sebelum dimasukkan ke dalam dapur terlebih dahulu dipanaskan dalam "*Cheekerwork*" dari renegarator.

Proses pembuatan baja dengan cara *Open-Hearth* ini meliputi 3 periode yaitu :

a) Periode memasukkan dan mencairkan bahan isian.

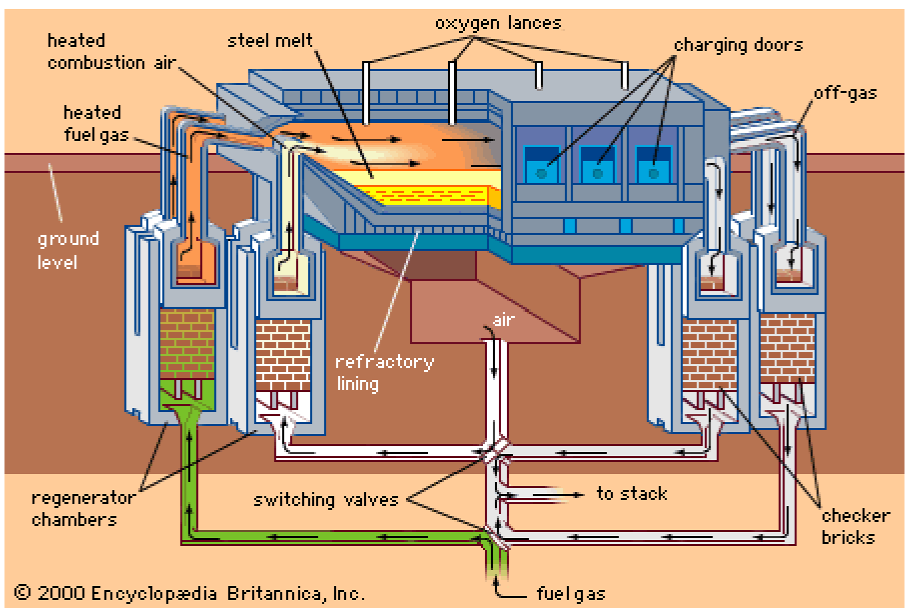
b) Periode mendidihkan cairan logam isian.

c) Periode membersihkan/memurnikan (refining) dan deoksidasi

d) Bahan bakar yang dipakai adalah: campuran *blast furnace gas* dan *cokes oven gas*.

Bahan isian : besi mentah dan baja bekas beserta bahan tambah ditaruh dalam heart lewat puntu pengisian.

Proses pembuatan baja dengan cara *Open-Hearth furnace* ini dapat dalam keadaan basa atau asam (*basic or acid open-hearth*). Pada *basic open-hearth furnace*, dinding bagaian dalam dapur dilapisi dengan *magnesite brick*. Bagian bawah untuk tempat logam cair dan terak dari bahan *magnesite brick* atau *dolomite* harus diganti setiap kali peleburan selesai. Terak basa yang dihasilkan + 40 - 50 % CaO.



Gambar 64. dapur siemens martin (*open hearth furnace*)

(sumber : google.com)

c. Proses Dapur Listrik

Dapur listrik digunakan untuk pembuatan baja yang tahan terhadap suhu tinggi. Dapur ini mempunyai keuntungan-keuntungan sebagai berikut,

1) Jumlah panas yang diperlukan dapat dapat diatur sebaik-baiknya.
2) Pengaruh zat asam praktis tidak ada.
3) Susunan besi tidak dipengaruhi oleh aliran listrik.

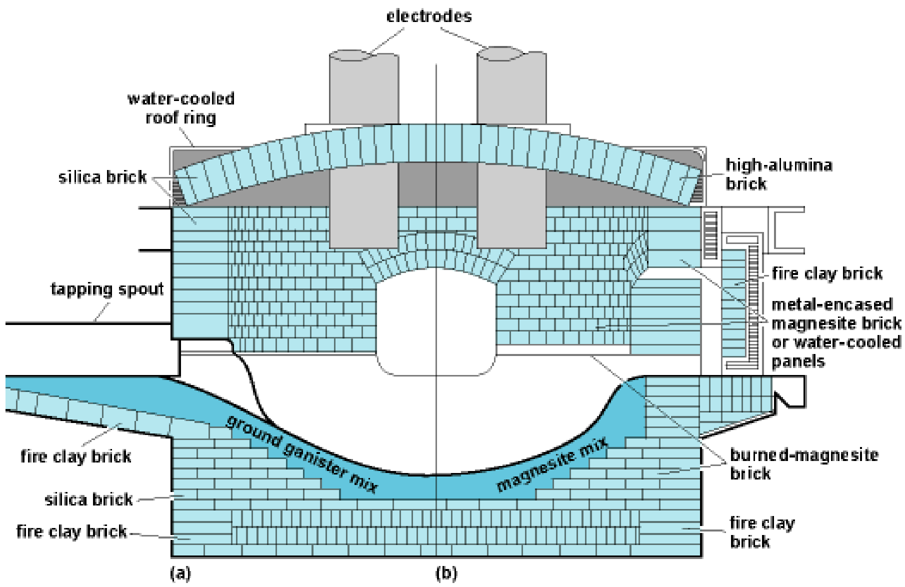
Sedangkan kekurangannya adalah harga listrik yang mahal. Dapur listrik dibagi menjadi dua kelompok yaitu dapur listrik busur cahaya dan dapur listrik induksi.

1) Dapur Busur Cahaya

Dapur ini berdasarkan prinsip panas yang memancar dari busur api, dapur ini juga dikenal dengan sebutan dapur busur nyala api. Dapur ini merupakan suatu tungku yang bagian atasnya digantungkan dua batang arang sebagai elektroda pada arus bolak-balik atau dengan tiga buah elektroda arang yang dialirkan arus putar.

Misalnya pada dapur Stassano busur api terjadi antara tiga ujung elektroda arang yang berada di atas baja yang dilebur melalui ujung elektroda itu dengan arus putar. Pada dapur Girod, arus bolak balik mengalir melalui satu elektroda yang membentuk busur api di antara kutub dan baja cair selanjutnya dikeluarkan melalui enam buah elektroda baja yang didinginkan dengan air ke dasar tungku.

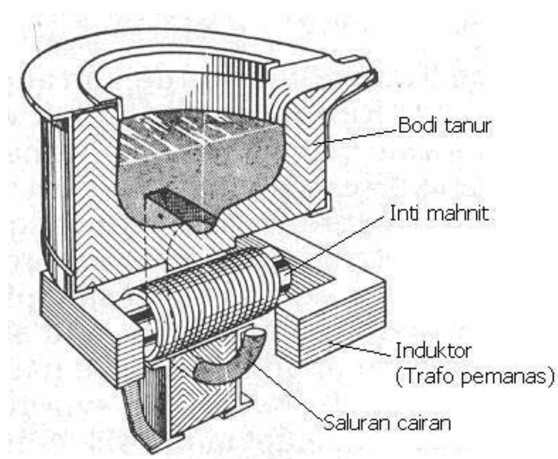
Pada dapur Heroult menggunakan dua elektroda arang dengan arus bolakbalik dan dapat juga menggunakan tiga buah elektroda pada arus putar. Arus listrik membentuk busur nyala dari elektroda kepada cairan dan kembali dari cairan ke elektroda lainnya.



Gambar 65. Tanur busur api (sumber : googe.com)

2) Dapur Induksi

Dapur induksi dapat dibedakan atas dapur induksi frekuensi rendah dan dapur induksi frekuensi tinggi. Pada dapur induksi dibangkitkan suatu arus induksi dalam cairan baja sehingga menimbulkan panas dalam cairan baja itu sendiri sedangkan dinding dapurnya hanya menerima pengaruh listrik yang kecil saja.



Gambar 66. Tanur listrik induksi (sumber : google.com)

3) Dapur induksi frekuensi rendah

Bekerja menurut prinsip transformator. Dapur ini berupa saluran keliling teras dari baja yang beserta isinya dipandang sebagai gulungan sekunder transformator yang dihubungkan singkat, akibat hubungan singkat tersebut di dalam dapur mengalir suatu aliran listrik yang besar dan membangkitkan panas yang tinggi. Akibatnya isi dapur mencair dan campuran-campuran tambahan dioksidasikan.

4) Dapur induksi frekuensi tinggi

Dapur ini terdiri atas suatu kuali yang diberi kumparan besar di sekelilingnya. Apabila dalam kumparan dialirkan arus bolak-balik maka terjadilah arus putar didalam isi dapur. Arus ini merupakan aliran listrik hubungan singkat dan panas yang dibangkitkan sangat tinggi sehingga mencairkan isi dapur dan campuran tambahan yang lain serta mengkoksidasikannya. Hasil akhir dari dapur listrik disebut baja elektro yang bermutu sangat baik untuk digunakan sebagai alat perkakas misalnya pahat, alat tumbuk dan lain-lainnya.

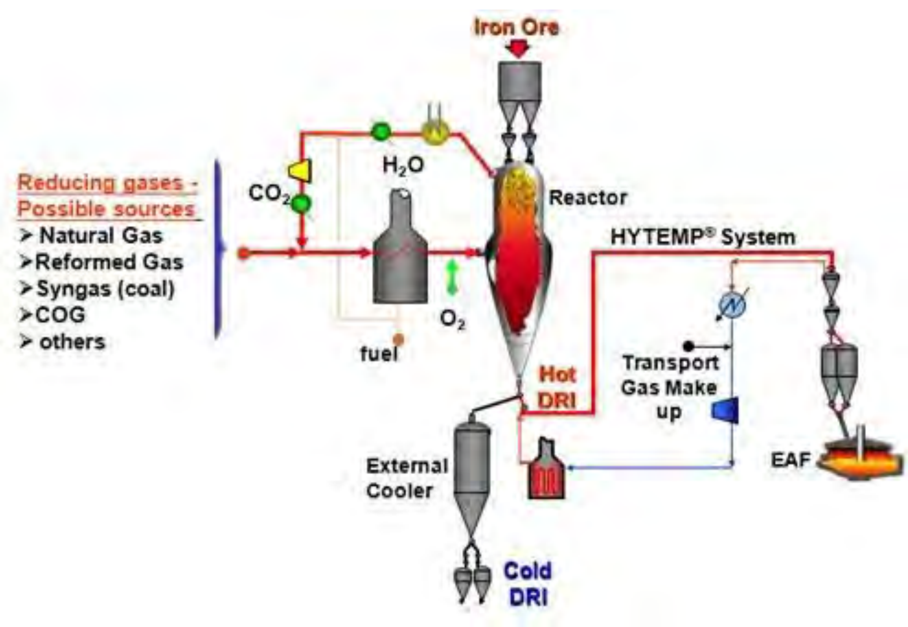
5) Proses Reduksi Langsung (*Direct Reduction*)

Proses ini biasanya digunakan untuk merubah pellet menjadi besi spons (*sponge iron*). Juga disebut besi spons dihasilkan dari reduksi langsung dari bijih besi (dalam bentuk gumpalan, pelet atau denda) dengan mengurangi gas yang dihasilkan dari gas alam atau batubara. Gas pereduksi adalah mayoritas campuran hidrogen (H_2) dan karbon monoksida (CO) yang bertindak sebagai pereduksi. Proses langsung mengurangi bijih besi dalam bentuk padat dengan mengurangi gas disebut reduksi langsung.

Proses reduksi langsung dianggap lebih efisien daripada tanur tiup . Karena beroperasi pada suhu yang lebih rendah, dan ada beberapa faktor lain yang membuatnya ekonomis. Berikut adalah contoh proses reduksi langsung antara lain:

a) HYL proces

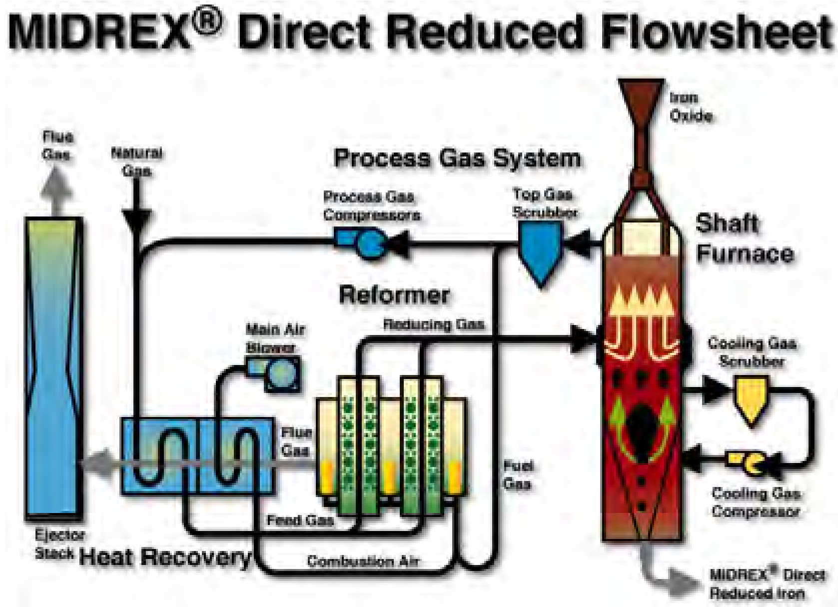
HYL Direct Reduction Proses (reduksi langsung) adalah hasil usaha riset yang dimulai oleh Hojalata y L.Mina, S.A., pada permulaan tahun 1950-an. Usaha ini muncul dari tekanan kebutuhan yang semakin meningkat dan harus memperoleh bahan baku yang cukup mutu dan pada harga yang stabil untuk produksi lembaran baja(sheet steel).



Gambar 67. HYL process (sumber : google.com)

Dalam proses ini digunakan gas reduktor dari LNG (Liquid Natural Gas), gas alam cair ini direaksikan dengan uap air panas (H2O).

b) Midrex Proces



Gambar 68. Midrex proces (sumber : google.com)

Proses ini didasarkan pada tekanan rendah, udara bergerak berlawanan arus ke bijih oksida besi pelet padat. Di dalam proses reduksi langsung ini, bijih besi direaksikan dengan gas alam sehingga terbentuklah butiran besi yang dinamakan besi spons. Besi spons kemudian diolah lebih lanjut di dalam sebuah tungku yang bernama dapur listrik (*Electric Arc Furnace*). Di sini besi spons akan dicampur dengan besi tua (*scrap*), dan paduan fero untuk diubah menjadi batangan baja, biasa disebut billet. Proses ini sangat efektif untuk mereduksi oksida-oksida dan belerang sehingga dapat dimanfaatkan bijih besi berkadar rendah.

Proses reduksi langsung ini salah satunya dipakai oleh P.T. Karakatau Steel. Fungsi dari gas alam itu sendiri sebenarnya adakalah sebagai gas reduktor, dimana gas alam mengandung CO dan H_2, yang dapat bereaksi dengan bijih menghasilkan besi murni (Fe) berkualitas tinggi.

Keuntungan dari proses reduksi langsung ketimbang blast furnace adalah :

- Besi spons memiliki kandungan besi lebih tinggi ketimbang pig iron, hasil blast furnace.
- Zat reduktor menggunakan gas (CO atau H_2) yang terkandung dalam gas alam, sehingga tidak diperlukan kokas yang harganya cukup mahal.

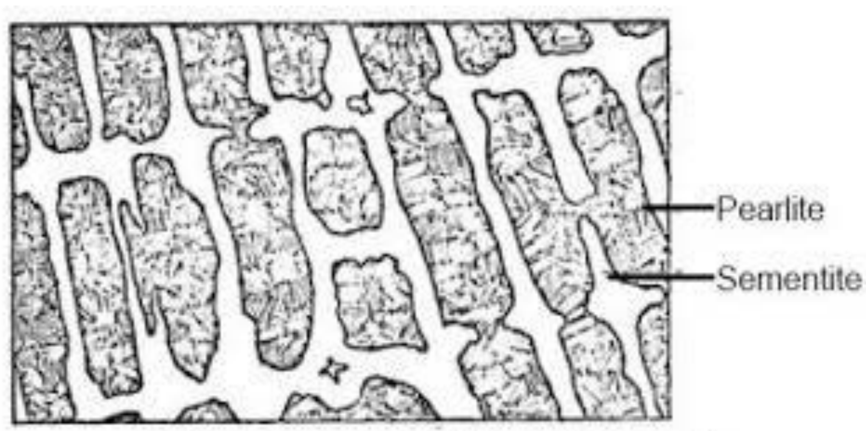
Perbedaan proses reduksi langsung dan reduksi tidak langsung

- Reaksinya berbeda,pada reduksi tidak langsung Fe diperoleh dari beberapa tahap reaksi, pada reduksi langsung dengan1 tahap reaksi sudah dapat diperoleh Fe murni.
- Hasil akhirnya berbeda, Output dari reduksi tidak langsung adalah berupa Fe dalam keadaan cair (pig iron) , sedangkan output dari reduksi langsung adalah Fe dalam keadaan padat (sponge iron)
- Sumber gas reduktornya berbeda, indirect reduction menggunakan kokas untuk menghasilkan gas reduktor CO, sedangkan direct reduction menggunakan CH4
- Kualitasnya berbeda, reduksi langsung menghasilkan besi dengan kualitas yang lebih baik daripada reduksi tidak langsung. Karena reduksi tidak langsung menggunakan kokas untuk menghasilkan gas reduktor. Kokas berasal dari batubara yang mengadung sulfur, dimana S tersebut dapat ikut masuk kedalam besi hasil reduksi, yang mengakibatkan besi mengalami retak panas (hot shortness).

d. Besi Tuang (*Cast Iron*)

Secara umum Besi Tuang (*Cast Iron*) adalah Besi yang mempunyai unsur karbon 2.5% – 4%. Oleh karena itu Besi Tuang yang kandungan karbonnya 2.5% – 4% akan mempunyai sifat mampu las nya (*weldability*) rendah. Karbon dalam Besi Tuang dapat berupa sementit (Fe_3C) atau biasa disebut dengan Karbon Bebas (grafit). Perlu di ketahui juga kandungan fosfor dan sulfur dari material ini sangat tinggi dibandingkan baja. Ada beberapa jenis besi tuang (*Cast Iron*) yaitu:

1) Besi Tuang Putih (White Cast Iron)



Gambar 69. Struktur besi tuang putih (sumber : google.com)

Namanya diambil dari warna bidang patahnya. Dimana besi tuang ini seluruh karbonnya berupa sementit sehingga mempunyai sifat sangat keras dan getas. Mikrostrukturnya terdiri dari karbida yang menyebabkan berwarna putih.

Besi tuang putih (*white cast iron*) mengandung kadar silikon rendah, dimana pada saat pemadatan besi carbida membentuk grafit di dalam ikatan matriks. Pada besi tuang non-paduan strukturnya berbentuk perlit. Besi tuang putih (*white cast iron*) memiliki angka kekerasan

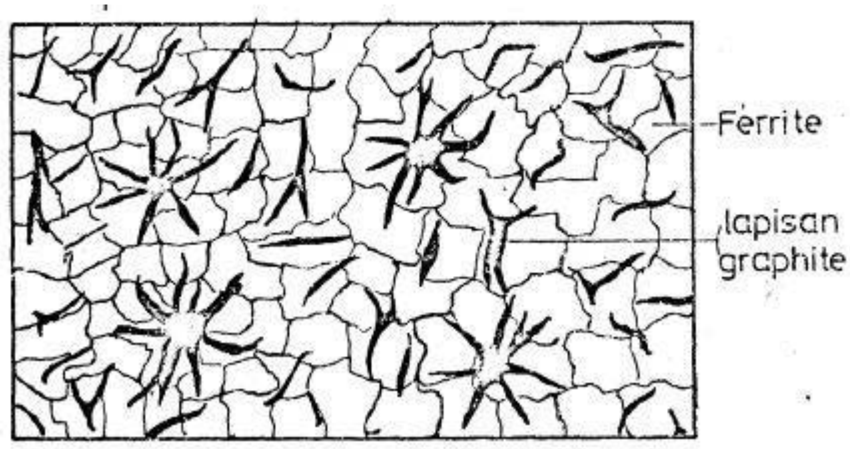
antara 400 hingga 600 HB dengan tegangan tariknya 270 N/mm2 dan masih dapat ditingkatkan melalui penurunan kadar karbon sebesar 2,75 sampai 2,9 % menjadi 450 N/mm2.

Proses permesinan untuk besi tuang putih ini hanya dapat dilakukan dengan penggerindaan (*grinding*). Besi tuang putih (*white cast iron*) digunakan dalam pembuatan komponen mesin gerinda, kelengkapan penghancur, komponen dapur pemanas (*furnance*) dan lain-lain. Besi tuang putih (*white cast iron*) dapat diberi perlakuan panas (*heat treatment*) untuk menurunkan angka kekerasannya melalui proses pelunakan (*anealing*), yakni dengan pemanasan pada temperatur 850ºC untuk menguraikan karbon bebas yang terbentuk karena pendinginan cepat setelah penuangan (pengecoran).

Proses ini dilakukan hanya pada kondisi darurat. Sedangkan pengendalian sifat besi tuang putih ini tetap dengan metoda pengendalian pendinginan dengan "*iron chill*" serta komposisi unsur bahan.

2) Besi Tuang Kelabu (*Grey Cast Iron*)

Namanya diambil dari warna bidang patahnya. Besi tuang kelabu (*Grey Cast Iron*) mengandung unsur grafit yang berbentuk serpihan sehingga memiliki sifat mampu mesin (*machinability*). Yang membedakan jenis dari besi tuang kelabu ialah nilai tegangannya. Angka kekerasan dari besi tuang ini ialah antara 155 HB sampai 320 HB tergantung tingkatannya. Besi tuang kelabu (*grey cast iron*) digunakan dalam pembuatan *crankcases*, *machine tool bed*, *brake drums*, *cylinder head* dan lain-lain.



Gambar 70. Struktur besi tuang kelabu (sumber : google.com)

Besi tuang kelabu (*grey cast iron*) dapat diberi perlakuan panas (*heat treatment*) untuk menghilangkan tegangan dalam setelah proses pengecoran yakni dengan "*stress reliefing*", dengan memberikan pemanasan lambat antara 500ºC hingga 575ºC, dengan waktu pemanasan (*holding time*) sekitar 3 jam diikuti dengan pendinginan secara perlahan-lahan.

Proses lain dalam perlakuan panas (*heat treatment*) yang memungkinkan untuk dilakukan pada besi tuang kelabu ini ialah pelunakan (*anealing*), dengan proses ini akan terjadi perbaikan pada strukturnya sehingga dimungkinkan untuk proses *machining* secara cepat, untuk proses *anealing* ini dilakukan dengan memberikan pemanasan pada temperatur *anealing* yakni 700ºC dengan waktu pemanasan (*holding time*) setengah hingga dua jam, dimana akan terbentuk structure pearlite tertutup dalam kesatuan ferrite matrix, namun demikian tingkat kekerasan akan tereduksi sebesar 240 HB sampai 180 HB.Jenis Besi Tuang ini sering dijumpai (sekitar 70% besi tuang berwarna abu-abu).

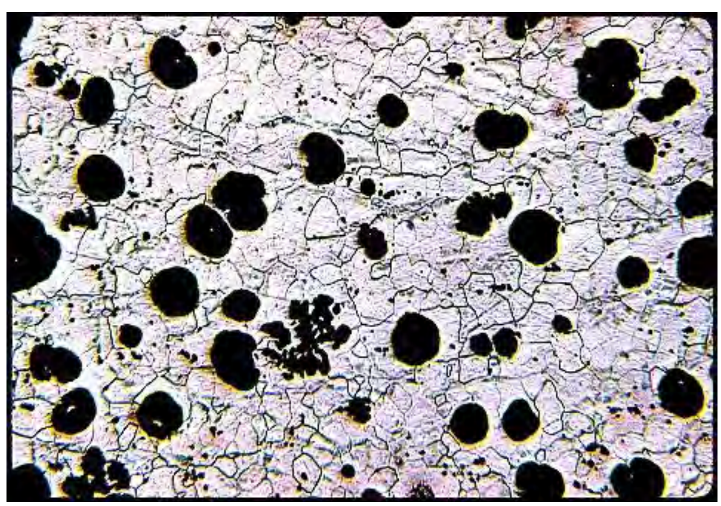
3) Besi tuang mampu tempa (*malleable cast iron*).

Besi tuang "mampu tempa" (*Malleable Cast Iron*) adalah salah satu jenis besi tuang yang memiliki struktur berwarna putih, dimana memiliki unsur grafit yang sangat halus sehingga distribusi unsur karbon menjadi lebih merata serta mudah dibentuk. Besi tuang mampu tempa (*Malleable cast Iron*) terdapat dalam 3 bentuk jenis, yakni : *Whitehearth*, *Blackhearth*, dan *Pearlitic* nama-nama ini merupakan istilah sesuai dengan bentuk mikrostruktur dari besi tuang tersebut.

Besi tuang jenis ini dibuat dari besi tuang putih dengan melakukan *heat treatment* kembali yang tujuannya menguraikan seluruh gumpalan grafit (Fe_3C) akan terurai menjadi matriks *Ferrite*, *Pearlite* dan *Martensite*. Mempunyai sifat yang mirip dengan baja. Sifat-sifat sangat baik jika dibandingkan dengan besi tuang kelabu tetapi harganya mahal.

4) Besi Tuang Nodular (*Nodular Cast Iron*)

Adalah perpaduan besi tuang kelabu. Dibuat dengan jalan mencampurkan magnesium, kalsium atau serium ke dalam cairan logam. Sifat-sifat kekuatan dan keuletan tinggi, tahan aus juga tahan panas.



Gambar 71. Struktur besi tuang nodular (sumber : google.com)

Ciri besi tuang ini bentuk *graphite flake* dimana ujung – ujung *flake* berbentuk takik-an yang mempunyai pengaruh terhadap ketangguhan, keuletan & kekuatan oleh karena untuk menjadi lebih baik, maka *graphite* tersebut berbentuk bola (*spheroid*) dengan menambahkan sedikit *inoculating agent*, seperti magnesium atau calcium silicide. Karena besi tuang mempunyai keuletan yang tinggi maka besi tuang ini di kategorikan *ductile cast iron*. Pemakaian besi tuang jenis ini adalah untuk bahan pembuat piston mesin

3 reaksi utama di dalam tanur tinggi :

1) Reduksi tak langsung bijih besi oleh karbon monoksida (CO) hasil penambahan kokas

   Reaksi kimianya adalah sebagai berikut :

   $3FeO_3 + CO \rightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$

   $Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3\ FeO + CO_2$

   $FeO \quad + CO \rightarrow Fe + CO_2$

2) Reduksi langsung bijih besi oleh batu bara panas

   Reaksi kimianya adalah sebagai berikut :

   $Fe3O4 + 4C \rightarrow 3Fe + 4CO$

   $FeO \quad + C \quad \rightarrow Fe + CO$

3) Pengikatan karbon atau pembentukan Fe_3Ca

   Reaksi kimianya adalah sebagai berikut :

   (Padat) $3Fe + 2CO \rightarrow Fe3C + CO2$

   (Cair) $3Fe + C \quad \rightarrow Fe_3C$

Untuk mendapatkan 1 ton *pig iron* dari bijih besi dengan kadar Fe 40%, dibutuhkan :

1) 2.4 ton bijih besi

2) 0.5 ton batu bara

3) 0.8 ton batu kapur

4) 30 m^3 air (untuk pendingin)

5) 3000 m^3 *steam* (udara panas)

Hasil keseluruhan dari proses reduksi pada tanur tinggi dengan bahan di atas adalah :

1) 1 ton besi kasar

2) 0,9 ton terak

3) 4500 m^3 gas sisa pembakaran

4) 50 kg debu

Besi kasar yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan tujuan pemakaian selanjutnya, seperti :

Tujuan	Warna Potongan	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
Pengecoran	Kelabu	4 - 5	s.d. 1	1 - 6	< 0.3	< 0.04
Baja	Putih	4.5 – 5.5	2	6 - 14	< 0.1	< 0.04
Besi Temper	Lurik	3.5 - 4	2 - 3	s.d. 0.8	s.d. 0.7	s.d. 0.04
Besi Mn	Putih	3.6 - 4	0.2 – 0.3	0.3 – 0.4	s.d. 0.06	0.02 – 0.15

Warna penampang potong sangat dipengaruhi oleh bentuk karbon di dalam besi. Karbon di dalam besi dapat berbentuk :

1) Graphit

   Bila dalam larutan besi terdapat karbon dalam bentuk graphit, maka penampang potongnya akan berwarna kelabu. Graphit dapat terbentuk dengan menambahkan Si sampai 2,5 % atau dengan sistem pendinginan lambat.

2) Karbida

   Warna putih pada permukaan potong terjadi bila karbonnya berbentuk karbida. Karbida dapat terbentuk dengan menambahkan Mn sampai 1,5 % atau dengan pendinginan yang cepat.

3. Refleksi

a. Proses pembuatan besi kasar (pig iron) umumnya merupakan proses reduksi pada tanur tinggi.

b. Bahan utama pembuatan besi kasar adalah : bijih besi, kokas, dan batu kapur.

c. Bijih besi merupakan bahan baku pembuatan besi yang dapat berupa senyawa oksida, karbonat, dan sulfida serta tercampur dengan unsur lain misalnya silikon.

d. Baja adalah logam paduan antara besi dan karbon dengan kadar karbonnya secara teoritis maksimum 1,7%.

e. Besi cor adalah logam paduan antara besi dan karbon yang kadarnya 1,7 - 3,5%.

f. Besi tempa adalah baja yang mempunyai kadar karbon rendah.

g. Proses pembuatan pig iron :

   1) Bijih besi dipanggang di dalam dapur panggang agar kering
   2) Bijih besi kering, kokas dan batu kapur dibawa ke baguan atas tanur tinggi
   3) Ke dalam tanur dihembuskan udara panas
   4) Besi cair dituang menjadi besi kasar berupa balok

h. Proses pembuatan baja :

   1) Cairan besi kasar dari tanur tinggi dimasukkan ke dalam konverter
   2) Pada konverter ditambahkan kokas dan dihembuskan udara bertekanan hingga mencapai 1500˚C
   3) Ditambahkan bahan tambah (C, Si, Mn, P dan S) agar didapat paduan baja yang diinginkan

4) Baja cair tanpa terak dimasukkan ke dalam ladle

5) Baja dituang pada cetakan sesuai kebutuhan

6) Sifat dari baja hasil coran dapat ditentukan dari kadar graphit dan karbida yang terbentuk melalui pengujian visual melalui mikroskop

4. Tes Formatif

a. Sebutkan secara umum kadar karbon besi mentah dan baja!

b. Unsur-unsur merugikan apa saja yang terdapat dalam besi mentah?

c. Apakah pengaruh dari kadar fosfor dan belerang yang terlalu tinggi pada sifat-sifat baja ?

d. Berikan tanda silang pada tempat di mana kira-kira letak suhu leleh besi mentah dan baja.

Suhu °C	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700
Besi Mentah							
Baja							

e. Pada proses pembuatan baja ada tiga cara di mana oksigen berhubungan dengan besi mentah.

f. Sebutkan tiga proses ini dan bagaimana cara oksigen dimasukkan !

g. Sebutkan sumber energi proses pembuatan baja pada:
   1) proses thomas
   2) proses siemens-martin
   3) proses LD
   4) proses elektro
h. Sebutkan mengapa proses baja oksida jelas lebih banyak besi bekas yang dapat ditambahkan daripada proses thomas yang klasik ?
i. Menurut anda proses manakah jenis-jenis baja paduan tinggi dibuat ? Terangkan !

C. Penilaian

Pada Kegiatan Belajar Pembelajaran 3. Proses pembuatan besi dan baja, Penilaian terdiri dari : Penilaian Sikap; Penilaian Pengetahuan

1. Sikap

Penilaian sikap terdiri dari : Penilaian Sikap Spiritual dan Sikap Sosial (Teliti).

Lembaran ini diisi oleh guru/ peserta didik/ teman peserta didik, untuk menilai sikap peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut :

4 = Selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan
3 = Sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan
2 = Kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dasering tidak melakukan
1 = Tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Petunjuk penskoran

Skor akhir menggunakan skala 1 sampai 4

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus:

$$\frac{Skor}{Skor\ tertinggi}\, x\ 4 = skor\ akhir$$

Contoh :

Skor diperoleh 14, skor tertinggi 5 x 5 pernyataan = 20, maka skor akhir :

$$\frac{14}{20}\, x\ 4 = 2{,}8$$

Peserta didik memperoleh nilai

Sangat baik : apabila memperoleh skor 3,20 – 4,00 (80-100)

Baik : apabila memperoleh skor 2,80 – 3,19 (70-79)

Cukup : apabila memperoleh skor 2,40 – 2,79 (60-69)

Kurang : apabila memperoleh skor kurang dari 2,40 (< 60)

a. Sikap Spiritual

Nama Peserta Didik : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Memberi salam pada saat awal dan akhir presentasi sesuai agama yang dianut				
3	Mengucapkan syukur ketika berhasil mengerjakan sesuatu				
4	Berserah diri (tawakal) kepada Tuhan setelah berikhtiar atau melakukan usaha				
5	Memelihara hubungan baik dengan sesama umat ciptaan Tuhan Yang Maha Esa				
Jumlah Skor					

b. Sikap sosial (Teliti)

Nama Peserta Didik : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Teliti dalam membaca buku				
2	Teliti dalam mencari bahan informasi				
3	Teliti dalam membaca bahan informasi				
4	Teliti dalam saat praktik				
5	Teliti dalam dalam membuat laporan / presentasi				
Jumlah Skor					

2. Pengetahuan

Penilaian pengetahuan terdiri dari : Penilaian Tugas dan Penilaian Tes Tertulis

a. Penilaian Tugas

Penilaian tugas berupa penilaian laporan dan atau penilaian presentasi hasil tugas. Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai sikap peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut:

No	**Aspek Yang Dinilai**	**Nilai**			
		1	**2**	**3**	**4**
1	Pemahaman materi pada buku teks	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
2	Hasil pengumpulan informasi	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
3	Penyusunan laporan	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
4	Presentasi	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami

Nama Peserta Didik : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor				Nilai
		1	2	3	4	
1	Pemahaman materi pada buku teks					
2	Hasil pengumpulan informasi					
3	Penyusunan laporan					
4	Presentasi					
Jumlah Skor						

$$\text{Nilai tes tertulis peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor tertinggi}} \text{ x } 100$$

Catatan : Apabila tidak menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 3 x 4 = 12. Sedang apabila menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 4 x 4 = 16

Kegiatan Pembelajaran 4. Perlakuan Panas pada Baja

A. Deskripsi

Proses perlakuan panas adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian dari logam atau sebagian dari logam.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Siswa mengetahui dan memahami proses perlakuan panas pada baja

b. Siswa mengetahui proses pencetakan baja

2. Uraian Materi

a. Perlakuan Panas

Perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan material yang terkontrol dengan maksud merubah sifat fisik untuk tujuan tertentu. Secara umum proses perlakuan panas adalah sebagai berikut:

1) Pemanasan material sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu

2) Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata

3) Pendinginan dengan media pendingin (air, oli atau udara)

Ketiga hal diatas tergantung dari material yang akan di heat treatment dan sifat-sifat akhir yang diinginkan. Melalui perlakuan panas yang tepat tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras di sekeliling inti yang ulet.

Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia logam harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon(C) dapat mengakibatkan perubahan sifat fisis.

1) Annealing

   Proses *annealing* yaitu proses pemanasan material sampai temperatur austenit lalu ditahan beberapa waktu kemudian pendinginannya dilakukan perlahan-lahan di dalam tungku. Keuntungan yang didapat dari proses ini adalah sebagai berikut :

a) Menurunkan kekerasan
b) Menghilangkan tegangan sisa
c) Memperbaiki sifat mekanik
d) Memperbaiki mampu mesin dan mampu bentuk
e) Menghilangkan terjadinya retak panas
f) Menurunkan atau menghilangkan ketidak homogenan struktur
g) Memperhalus ukuran butir
h) Menghilangkan tegangan dalam dan menyiapkan struktur baja untuk

2) Proses perlakuan panas.

Proses Anil tidak dimaksudkan untuk memperbaiki sifat mekanik baja perlitik dan baja perkakas. Sifat mekanik baja struktural diperbaiki dengan cara dikeraskan dan kemudian diikuti dengan tempering. Proses Anil terdiri dari beberapa tipe yang diterapkan untuk mencapai sifat-sifat tertentu sebagai berikut :

a) Full Annealing
b) Spheroidized Annealing
c) Isothermal Annealing
d) Proses Homogenisasi
e) Stress Relieving

Stress relieving adalah salah satu proses perlakuan panas yang ditujukan untuk menghilangkan tegangan-tegangan yang ada di dalam benda kerja, memperkecil distorsi yang terjadi selama proses perlakuan panas dan, pada kasus-kasus tertentu, mencegah timbulnya retak.

Proses ini terdiri dari memanaskan benda kerja sampai ke temperatur sedikit dibawah garis A1 dan menahannya untuk jangka waktu tertentu dan kemudian di dinginkan di dalam tungku sampai temperatur kamar. Proses ini tidak menimbulkan perubahan fasa

kecuali rekristalisasi. Banyak faktor yang dapat menimbulkan timbulnya tegangan di dalam logam sebagai akibat dari proses pembuatan logam yang bersangkutan menjadi sebuah komponen.

Beberapa dari faktor-faktor tersebut antara lain adalah : Pemesinan, Pembentukan, Perlakuan panas, Pengecoran, Pengelasan, dan lain-lain. Penghilangan tegangan sisa dari baja dilakukan dengan memanaskan baja tersebut pada temperatur sekitar 500 – 700 ˚C, tergantung pada jenis baja yang diproses. Pada temperatur diatas 500 – 600 ˚C, baja hampir sepenuhnya elastik dan menjadi ulet. Berdasarkan hal ini, tegangan sisa yang terjadi di dalam baja pada temperatur seperti itu akan sedikit demi sedikit dihilangkan melalui deformasi plastik setempat akibat adanya tegangan sisa tersebut.

f) Normalizing

Proses *Normalizing* atau menormalkan *adalah* jenis perlakuan panas yang umum diterapkan pada hampir semua produk cor, *over-heated forgings* dan produk-produk tempa yang besar. *Normalizing* ditujukan untuk memperhalus butir, memperbaiki mampu mesin, menghilangkan tegangan sisa dan juga memperbaiki sifat mekanik baja karbon struktural dan baja-baja paduan rendah.

Manfaat proses *Normalizing* adalah sebagai berikut:

- *Normalizing* biasa digunakan untuk menghilangkan struktur butir yang kasar yang diperoleh dari proses pengerjaan sebelumnya yang dialami oleh baja.
- *Normalizing* berguna untuk mengeliminasi struktur kasar yang diperoleh akibat pendinginan yang lambat pada prses anil.
- Berguna untuk menghilangkan jaringan sementit yang kontinyu yang mengelilingi perlit pada baja perkakas.
- Menghaluskan ukuran perlit dan ferit.

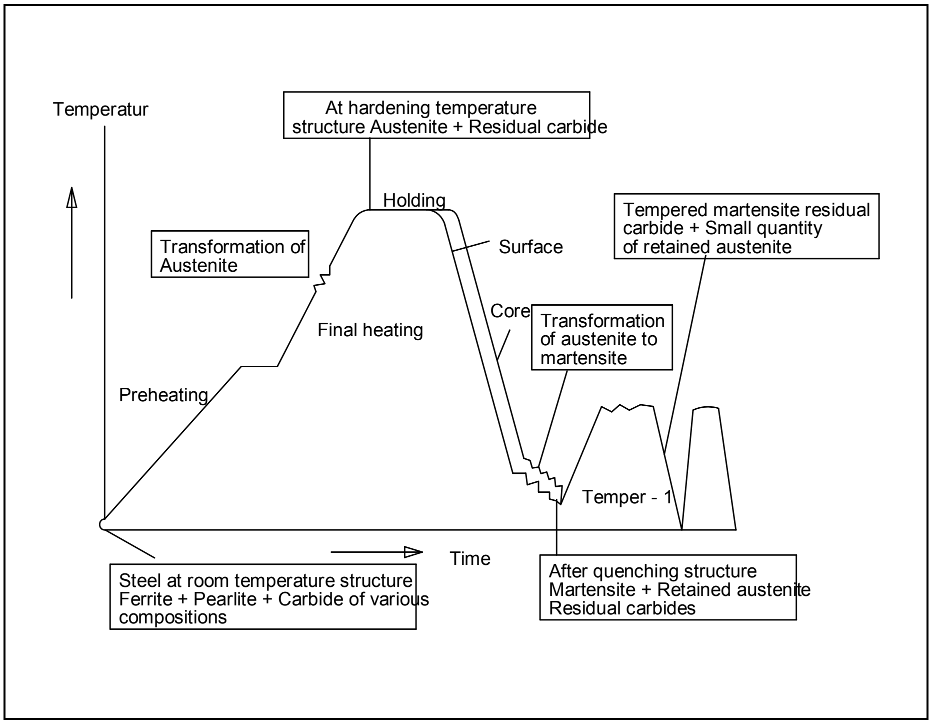
- Memodifikasi dan menghaluskan struktur cor dendritik.
- Mencegah distorsi dan memperbaiki mampu karburasi pada baja – baja paduan karena temperatur *Normalizing* lebih tinggi dari temperatur karbonisasi.

g) Hardening

Hardening adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai temperatur pengerasannya (Temperatur austenisasi) dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau di *quench* agar diperoleh kekerasan yang diinginkan.

Alasan memanaskan dan menahannya pada temperatur austenisasi adalah untuk melarutkan sementit dalam austenit kemudian dilanjutkan dengan proses quench.

Quenching merupakan proses pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasannya (temperatur *austenisasi*), dengan laju pendinginan yang sangat tinggi (di*quench),* agar diperoleh kekerasan yang diinginkan (lihat Gambar).



Gambar 72. Grafik pemanasan, *quenching* dan *tempering*

(Suratman,1994)

Biasanya baja yang dikeraskan diikuti dengan proses penemperan untuk menurunkan tegangan yang ditimbulkan akibat *quenching* karena adanya pembentukan martensit (Suratman,1994).

Tujuan utama proses pengerasan adalah untuk meningkatkan kekerasan benda kerja dan meningkatkan ketahanan aus. Makin tinggi kekerasan akan semakin tinggi pula ketahanan ausnya.

h) Tempering

Proses memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan disebut proses temper. Dengan proses ini, duktilitas dapat ditingkatkan namun kekerasan dan kekuatannya akan menurun. Pada sebagian besar baja struktur, proses temper dimaksudkan untuk memperoleh kombinasi antara kekuatan, duktilitas dan ketangguhan yang tinggi.

Dengan demikian, proses temper setelah proses pengerasan akan menjadikan baja lebih bermanfaat karena adanya struktur yang lebih stabil.

3) Proses Pengecoran Logam

Menurut jenis cetakan yang digunakan proses pengecoran dapat diklasifikan menjadi dua katagori :

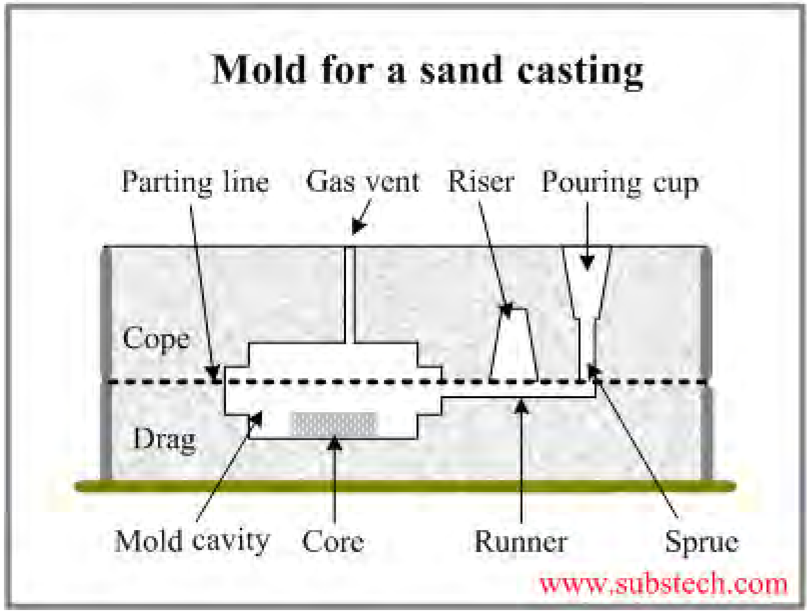
a) Pengecoran dengan cetakan sekali pakai.
b) Pengecoran dengan cetakan permanen.

Pada proses pengecoran dengan cetakan sekali pakai, untuk mengeluarkan produk corannya cetakan harus dihancurkan. Jadi selalu dibutuhkan cetakan yang baru untuk setiap pengecoran baru, sehingga laju proses pengecoran akan memakan waktu yang relatif lama. Pada proses cetakan permanen, cetakan biasanya di buat dari bahan logam, sehingga dapat digunakan berulang-ulang. Dengan demikian laju proses pengecoran lebih cepat dibanding dengan menggunakan cetakan sekali pakai, tetapi logam coran yang digunakan harus mempunyai titik lebur yang lebih rendah dari pada titik lebur logam cetakan.

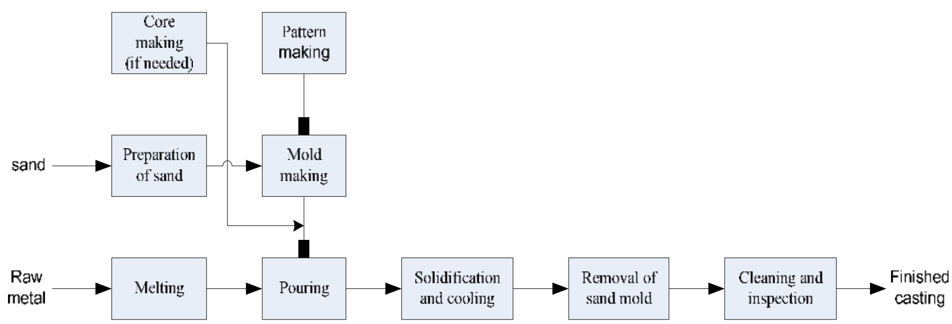
4) Cetakan Pasir

Cetakan pasir merupakan cetakan yang paling banyak digunakan, karena memiliki keunggulan :

a) Dapat mencetak logam dengan titik lebur yang tinggi, seperti baja, nikel dan titanium;
b) Dapat mencetak benda cor dari ukuran kecil sampai dengan ukuran besar; Jumlah produksi dari satu sampai jutaan.



Gambar 73. Cetakan pasir (sumber : substech.com)



Gambar 74. Tahapan pengecoran logam dengan cetakan pasir

(sumber : google.com)

Catatan : Kadang-kadang diperlukan perlakuan panas terhadap produk coran untuk memperbaiki sifat-sifat metalurginya.

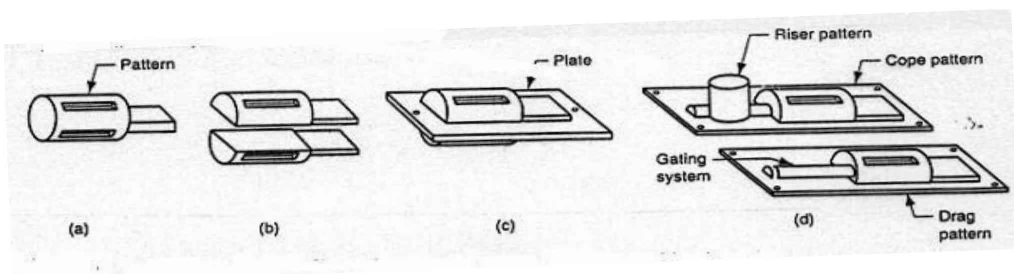
5) Pola dan Inti :

Pola merupakan model benda cor dengan ukuran penuh dengan memperhatikan penyusutan dan kelonggaran untuk pemesinan pada akhir pengecoran.

Bahan pola adalah : kayu, plastik, dan logam.

Jenis-jenis pola : (lihat gambar 4.4)

a) Pola padat (*solid pattern*);
b) Pola belah (*split pattern*);
c) Pola dengan papan penyambung (*match – plate pattern*);
d) Pola cope dan drag (*cope and drag pattern*).



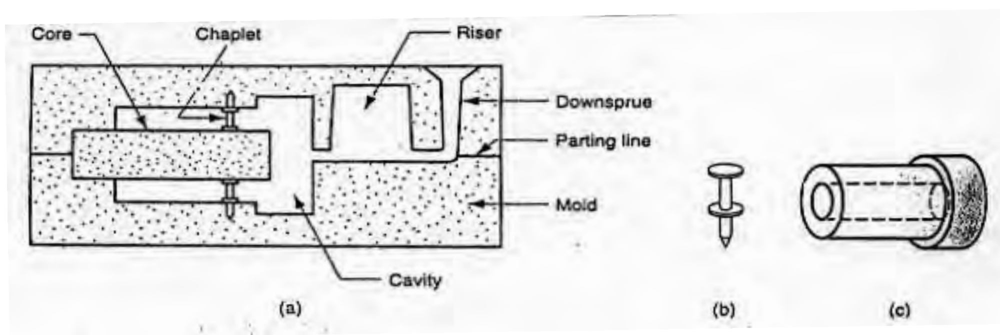
Gambar 75. Beberapa jenis pola (sumber : google.com)

6) Inti

Pola menentukan bentuk luar dari benda cor, sedangkan inti digunakan bila benda cor tersebut memiliki permukaan dalam. Inti merupakan model dengan skala penuh dari permukaan, dalam benda cor, yang diletakan dalam rongga cetak sebelum permukaan logam cair dilakukan, sehingga logam cair akan mengalir membeku diantara rongga cetak dan inti, untuk membentuk permukaan bagian luar dan dalam dari benda cor.

Inti biasanya dibuat dari pasir yang dipadatkan sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Seperti pada pola, ukuran inti harus mempertimbangkan penyusutan dan pemesinan.

Pemasangan inti didalam rongga cetak kadang-kadang memerlukan pendukung (*support*) agar posisinya tidak berubah. Pendukung tersebut disebut *chaplet*, yang dibuat dari logam yang memiliki titik lebur yang lebih tinggi dari pada titik lebur benda cor. Sebagai contoh, *chaplet* baja digunakan pada penuangan besi tuang, setelah penuangan dan pembekuan *chaplet* akan melekat ke dalam benda cor (lihat gambar 4.5). bagian chaplet yang menonjol ke luar dari benda cor selajutnya dipotong.



Gambar 76. (a) Inti disangga dengan chaplet, (b) chaplet, (c) hasil coran dengan lubang pada bagian dalamnya (sumber : google.com)

7) Cetakan dan Pembuatan Cetakan

Cetakan pada proses pengecoran dibuat dari pasir cetak yang dipadatkan. Pasir cetak yang sering dipakai adalah pasir silika (SiO_2), atau pasir silika yang dicampur dengan mineral lain (mis. tanah lempung) atau resin organik (mis. resin phenolik, resin turan, dsb).

Ukuran butir yang kecil akan menghasilkan permukaan coran yang baik, tetapi ukuran butir yang besar akan menghasilkan permeabilitas yang baik, sehingga dapat membebaskan gas-gas dalam rongga cetak selama proses penuangan. Cetakan yang dibuat dari ukuran butir ynag tidak beraturan akan menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi dari pada butir yang bulat, tetapi permeabilitasnya kurang baik.

Beberapa indikator untuk menentukan kualitas cetakan pasir :

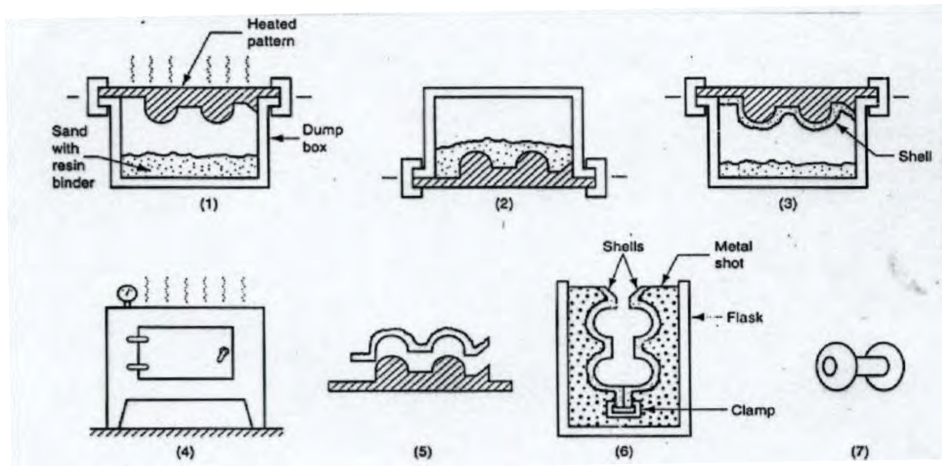
a) Kekuatan, kemampuan cetakan untuk mempertahankan bentuknya dan tahan terhadap pengikisan oleh aliran logam cair. Hal ini tergantung pada bentuk pasir, kualitas pengikat dan faktor-faktor yang lain.
b) Permeabilitas, kemampuan cetakan untuk membebaskan udara panas dan gas dari dalam cetakan selama operasi pengecoran melalui celah-celah pasir cetak.
c) Stabilitas termal, kemampuan pasir pada permukaan rongga cetak untuk menahan keretakan dan pembengkokan akibat sentuhan logam cair.
d) Kolapsibilitas (*collapsibility*), kemampuan cetakan membebaskan coran untuk menyusut tanpa menyebabkan coran menjadi retak.
e) Reusabilitas, kemampuan pasir (dari pecahan cetakan) untuk digunakan kembali (didaur ulang).

8) Proses Pengecoran dengan cetakan khusus :

Proses pengecoran telah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan khusus. Perbedaan antara metode ini dengan metode cetakan pasir terdapat dalam komposisi bahan cetakan, cara pembuatan cetakan, atau cara pembuatan pola.

a) Cetakan kulit (shell molding) ditunjukkan dalam gambar 4.6 :

Menggunakan pasir dengan pengikat resin termoset.



Gambar 77. Tahapan pembuatan cetakan kulit (sumber : google.com)

Keuntungan dari cetakan kulit :

- Permukaan rongga cetak lebih halus dibandingkan dengan cetakan pasir basah;
- Permukaan yang halus tersebut memudahkan logam cair selama penuangan dan dihasilkan permukaan akhir yang lebih baik;
- Dimensi lebih akurat;
- Memilki kolapsibilitas yang sangat baik, sehingga dapat dihindarkan terjadinya keretakan pada hasil coran.

Kelemahan dari cetakan kulit :

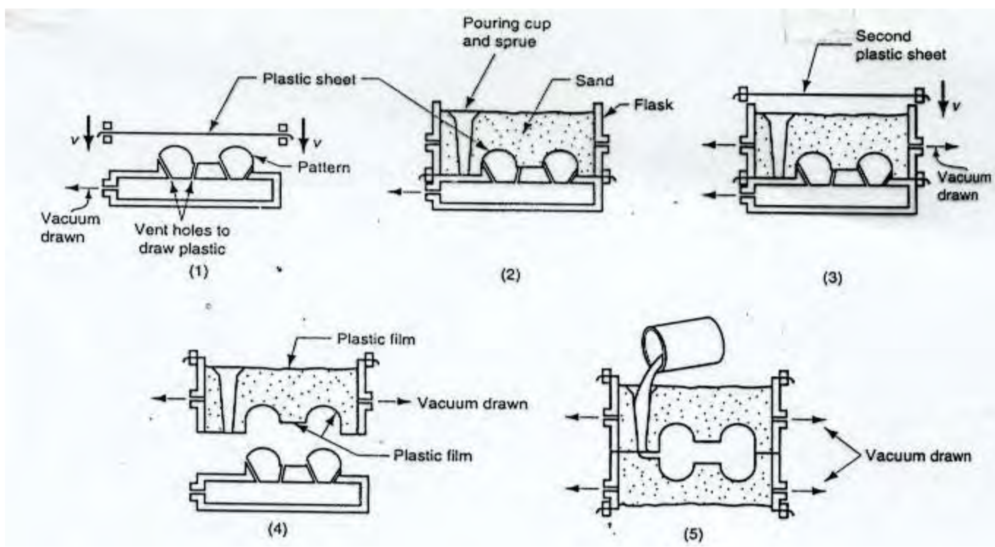
- Pola logam lebih mahal dibandingkan dengan pola yang digunakan pada cetakan pasir basah;

- Kurang cocok bila digunakan untuk jumlah produksi yang rendah (hanya cocok untuk produksi massal).

  Contoh penggunaan : roda gigi, value bodies, bushing, camshaft.

b) Cetakan Vakum :

Cetakan vakum disebut juga proses-V, menggunakan cetakan pasir yang disatukan dengan tekanan vakum. Selanjutnya dilakukan penuangan logam cair, lembaran plastik akan habis terbakar dengan cepat setelah tersentuh logam cair. Setelah pembekuan, seluruh pasir dapat didaur ulang untuk digunakan kembali.



Gambar 78. Tahapan pembuatan cetakan vakum

(sumber : google.com)

Keuntungan dari proses vakum :

- Tidak menggunakan bahan pengikat;
- Pasir tidak perlu dikondisikan secara khusus (karena tidak menggunakan bahan pengikat);

- Karena tidak ada air yang dicampurkan kedalam pasir, maka kerusakan coran akibat uap lembab dapat dihindarkan.

Kelemahan dari cetakan vakul:

- Proses pembuatannya relatif lambat, dan tidak segera dapat digunakan.

9) Proses pengecoran polisteren

Nama lain dari proses ini adalah :

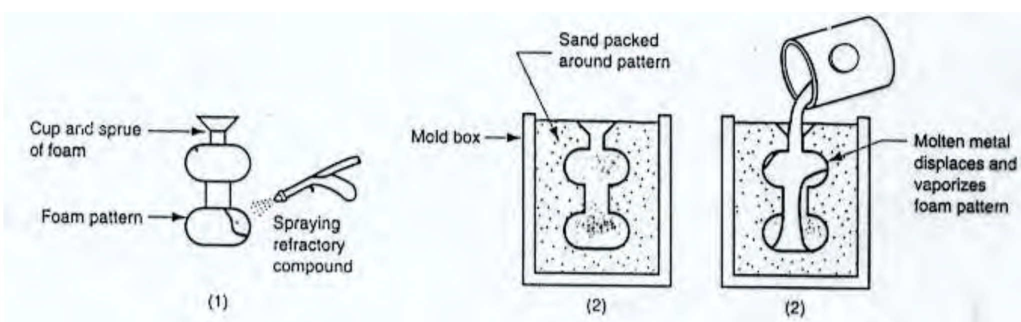
a) proses penghilangan busa (*lost-foam process*),

b) proses penghilangan pola (*lost pattern process*),

c) proses penguapan busa (*evaporative foam process*),

d) proses cetak penuh (*full-mold process*).

Pola cetakan termasuk sistem saluran masuk, riser dan inti (bila diperlukan) dibuat dari bahan busa polisteren. Dalam hal ini cetakan tidak harus dapat dibuka dalam kup dan drug, karena pola busa tersebut tidak perlu dikeluarkan dari rongga cetak (lihat gambar 4.8).



Gambar 79. Tahapan proses pengecoran polisteren
(sumber : google.com)

Keuntungan proses ini :

a) Pola tidak perlu dilepaskan dari rongga cetak.

b) Tidak perlu dibuat kup dan drug, dan sistem saluran masuk serta riser dapat dibuat menjadi satu dengan pola polisteren tersebut.

Kelemahannya :

a) Pola polisteren merupakan pola sekali pakai, sehingga dibutuhkan pola baru setiap kali pengecoran.

b) Biaya pembuatan pola mahal.

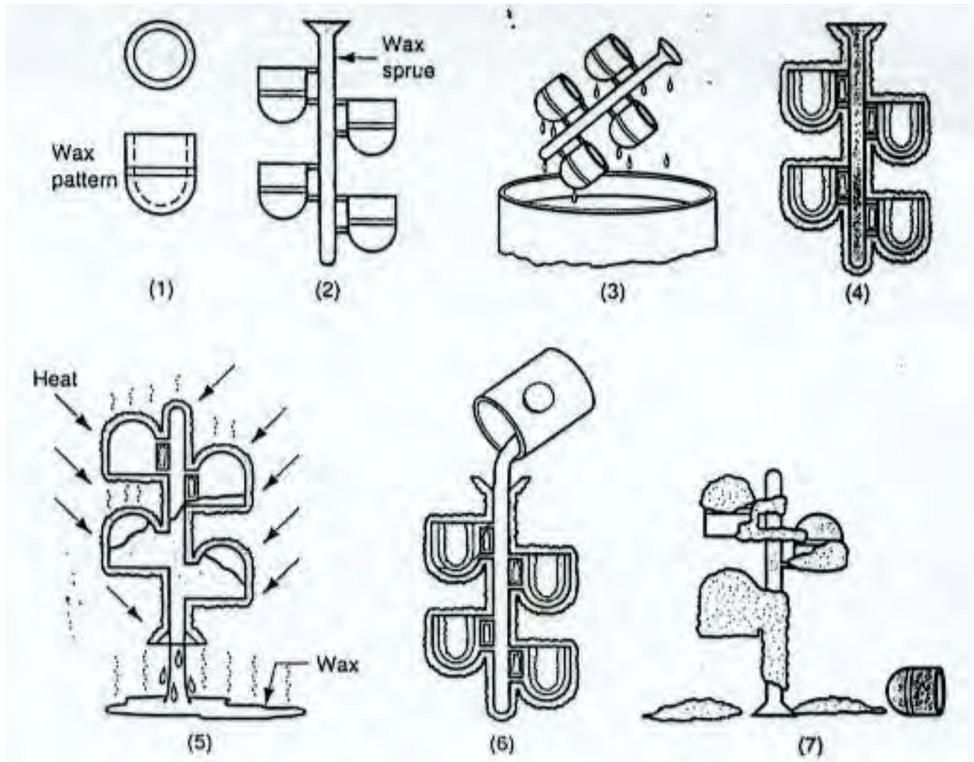
Penggunaan :

Produksi massal untuk pembuatan mesin automobil (dalam proses ini pembuatan dan pemasangan pola dilakukan dengan sistem produksi automatis).

10) Pengecoran presisi (investment casting) :

Dalam proses pengecoran ini pola dibuat dari lilin yang dilapisi dengan bahan tahan api untuk membuat cetakan, setelah sebelumnya lilin tersebut mencair terlebih dahulu dan dikeluarkan dari rongga cetakan.

Pola lilin dibuat dengan cetakan induk (*master die*), dengan cara menuang atau menginjeksikan lilin cair ke dalam cetakan induk tersebut.



Gambar 80. Tahapan proses pengecoran presisi

(sumber : google.com)

Keuntungan dari pengecoran presisi :

a) Dapat membuat coran dalam bentuk yang rumit;

b) Ketelitian dimensi sangat baik (toleransi ± 0.076mm);

c) Permukaan hasil coran sangat baik;

d) Lilin dapat didaur ulang;

e) Tidak diperlukan pemesinan lanjut;

Kelemahan :

a) Tahapan proses banyak sehingga biayanya mahal;

b) Terbatas untuk benda cor yang kecil;

c) Sulit bila diperlukan inti.

Contoh penggunaan : komponen mesin turbin, perhiasan, alat penguat gigi. Cetakan presisi dapat digunakan untuk semua jenis logam, seperti : baja, baja tahan karat, paduan dengan titik lebur tinggi.

11) Pengecoran dengan cetakan plaster dan keramik :

Pengecoran dengan cetakan plaster mirip dengan cetakan pasir, hanya cetakannya dibuat dengan plaster (2CaSO4-H2O) sebagai pengganti pasir.

Kelemahan :

a) Perawatan cetakan plaster sulit sehingga jarang digunakan untuk produksi tinggi;
b) Kekuatan cetakan akan berkurang bila terlalu kering; Bila cetakan tidak kering uap lembab akan merusak hasil coran;
c) Permeabilitas cetakan rendah, sehingga uap sulit keluar dari rongga cetak; Tidak tahan temperatur tinggi.

Keuntungan :

a) Permukaan akhir baik;
b) Dimensi akurat;
c) Mampu membuat bagian coran yang tipis.

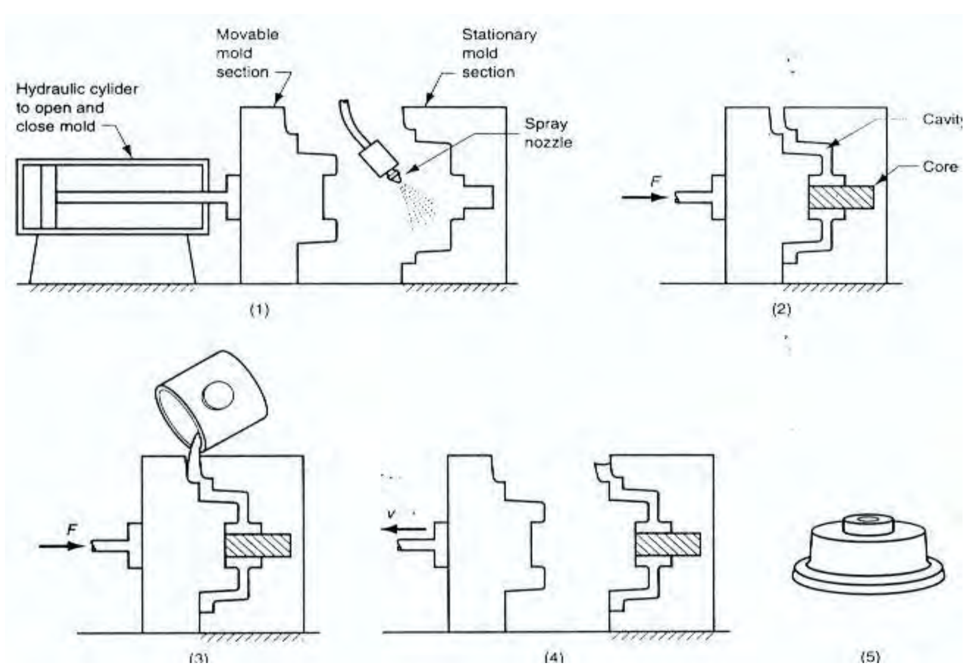
Pengecoran dengan cetakan plaster digunakan untuk logam dengan titik lebur rendah seperti : aluminium, magnesium, dan paduan tembaga.

Contoh Penggunaan : cetakan logam untuk mencetak plastik, karet, sudu-sudu pompa dan turbin, dan produk coran lainnya yang memiliki geometri yang rumit.

Cetakan keramik mirip dengan cetakan plaster, bedanya cetakan keramik menggunakan bahan keramik tahan api yang lebih tahan temperatur tinggi dibandingkan dengan plaster. Jadi cetakan keramik dapat digunakan untuk mencetak baja, besi tuang, dan paduan lainnya yang mempunyai titik lebur tinggi. Penggunaan sama dengan cetakan plaster hanya titik lebur logam coran lebih tinggi.

12) Proses Cetakan Permanen

Pengecoran cetakan permanen menggunakan cetakan logam yang terdiri dari dua bagian untuk memudahkan pembukaan dan penutupannya. Pada umumnya cetakan ini dibuat dari bahan baja atau besi tuang. Logam yang biasa dicor dengan cetakan ini antara lain aluminium, magnesium, paduan tembaga, dan besi tuang. Pengecoran dilakukan melalui beberapa tahapan seperti ditunjukkan dalam gambar 4.10 berikut ini.



Gambar 81. Tahapan dalam pengecoran dengan cetakan permanen

(sumber : google.com)

Berbagai pengecoran cetakan permanen :

a) Pengecoran tuang (slush casting)

Digunakan untuk benda cor yang berlubang dengan cetakan logam tanpa inti.

Tahapan pengecoran:

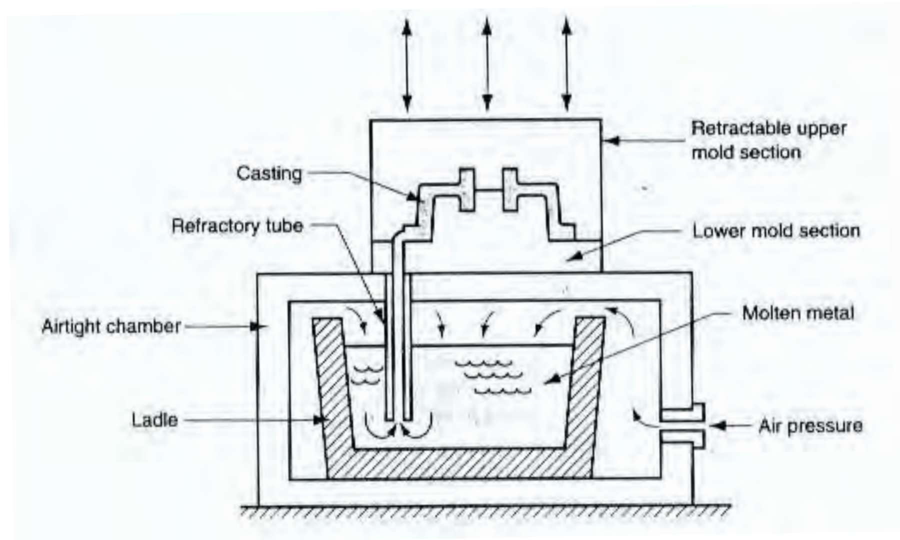
- Logam cair dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan sejenak sampai terjadi pembekuan pada bagian yang bersentuhan dengan dinding cetakan;
- Cetakan kemudian dibalik, sehingga bagian logam yang masih cair akan tertuang keluar dari rongga cetakan;
- Diperoleh benda cor yang berlubang, ketebalannya ditentukan oleh lamanya waktu penahan sebelum cetakan dibalik.

Contoh penggunaan: patung, alas lampu, boneka, dan lain-lainnya.

Logam cor yang biasa dipakai : timah hitam, seng, dan timah putih.

b) Pengecoran bertekanan rendah (*low pressure casting*)

Pada pengecoran jenis ini cetakan diletakkan diatas ruang kedap udara (*airtight chamber*), kemudian gas bertekanan rendah dialirkan ke dalam ruang tersebut sehingga logam cair yang berada di dalam ladel tertekan ke atas melalui saluran batu tahan api masuk ke dalam cetakan, seperti ditunjukkan dalam gambar 4.11.



Gambar 82. Pengecoran dengan cetakan bertekanan rendah

(sumber : google.com)

Keuntungan :

- Hasil cetakan bersih bebas dari inklusi,
- Kerusakan akibat porositas gas dan oksidasi dapat diperkecil,
- Sifat mekaniknya meningkat.

c) Pengecoran cetakan permanen vakum (*vacuum permanent mold casting*)

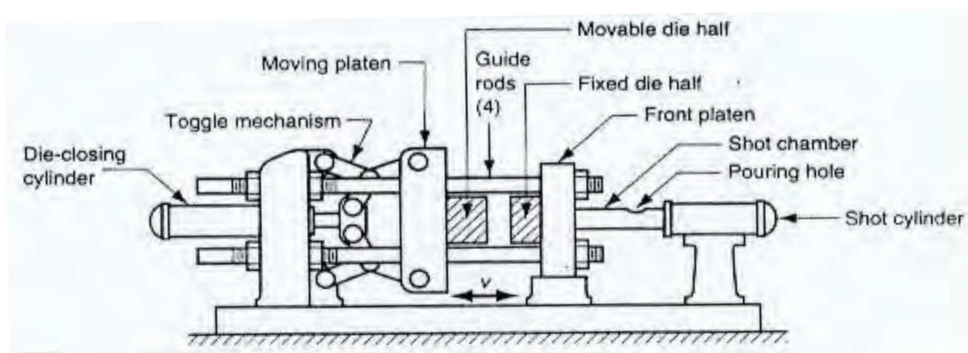
Merupakan bagian dari pengecoran bertekanan rendah, bedanya disini cetakannya divakum, sehingga cairan logam akan ditarik ke dalam rongga cetak karena adanya perbedaan tekanan.

Kelebihan proses ini dibandingkan pengecoran bertekanan rendah adalah :

- Kerusakan karena porositas udara dapat dikurangi;
- Kekuatan benda cor lebih baik.

13) Pengecoran cetak tekan (die casting)

Pengecoran cetak tekan termasuk proses pengecoran cetakan permanen dengan cara menginjeksikan logam cair ke dalam rongga cetakan dengan tekanan tinggi (7 sampai 350 MPa). Tekanan tetap dipertahankan selama proses pembekuan, setelah seluruh bagian coran membeku cetakan dibuka dan hasil coran dikeluarkan dari dalam cetakan. Konfigurasi secara umum ditunjukkan dalam gambar 4.12.



Gambar 83. Konfigurasi mesin pengecoran cetak tekan ruang dingin (*cold chamber*) (sumber : google.com)

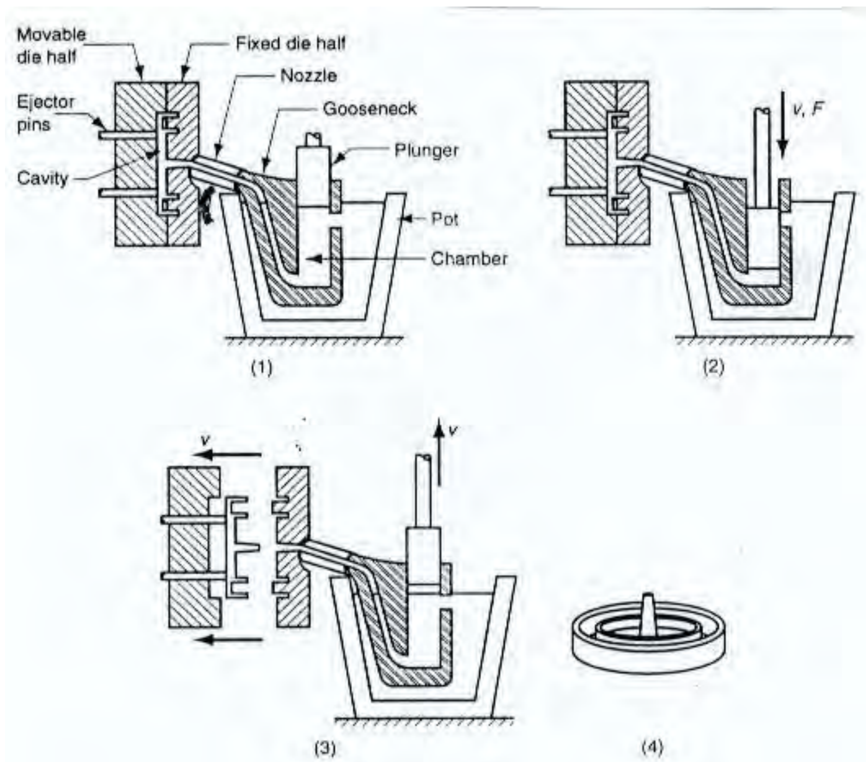
Terdapat dua jenis mesin cetak tekan :

a) Mesin cetak tekan ruang panas (*hot chamber*), dan

b) Mesin cetak tekan ruang dingin (*cold chamber*)

a) Proses pengecoran cetak tekan ruang panas :

Dalam mesin pengecoran cetak tekan ruang panas, logam dilebur di dalam kontainer yang menjadi satu dengan mesin cetaknya, seperti ditunjukkan dalam gambar 4.13.



Gambar 84. Proses pengecoran cetak tekan ruang panas

(sumber : google.com)

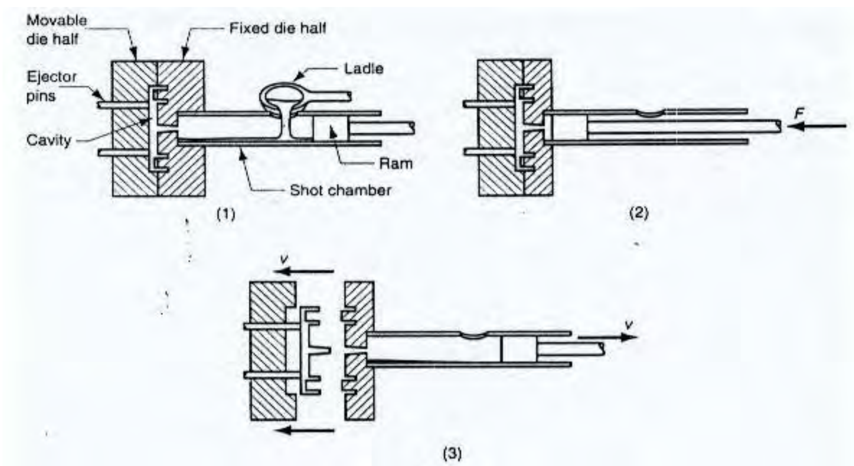
Tahapan pengecoran:

- Cetakan ditutup dan pluger ditarik ke atas, logam cair masuk ke dalam ruang (*chamber*);
- Plunger menekan logam cair dalam ruang sehingga mengalir masuk ke dalam rongga cetak; tekanan dipertahankan selama proses pendinginan dan pembekuan;

- Plunger ditarik, cetakan dibuka, dan benda coran yang telah membeku ditekan keluar dengan *pin ejektor*;
- Proses pengecoran selesai.

b) Proses pengecoran cetak tekan ruang dingin :

Dalam mesin pengecoran cetak tekan ruang dingin, logam dilebur didalam kontainer yang terpisah dengan mesin cetaknya, seperti ditunjukkan dalam gambar 4.14.



Gambar 85. Proses pengecoran cetak tekan ruang dingin

(sumber : google.com)

Keuntungan pengecoran cetak tekan :

- Laju produksi tinggi;
- Sangat ekonomis untuk produksi massal;
- Dimensi benda cor akurat (toleransi ± 0,076 mm untuk benda cor yang kecil);
- Permukaan benda cor halus;
- Dapat mencetak bagian benda cor yang sangat tipis hingga 0,5 mm;

- Pendinginan cepat dengan ukuran butir kristal yang sangat halus sehingga hasil pengecoran memiliki kekuatan yang baik.

Kelemahan pengecoran cetak tekan :

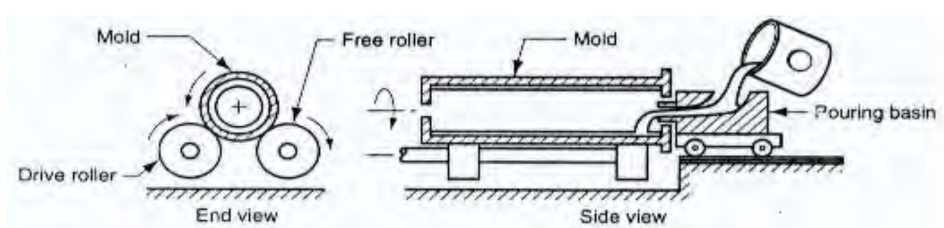
- Geometri benda cor harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dikeluarkan dari dalam cetakan;
- Sering terjadi efek cil, terutama bila temperatur tuang logam cair terlalu rendah.

14) Pengecoran Sentrifugal

Pengecoran sentrifugal dilakukan dengan menuangkan logam cair ke dalam cetakan yang berputar. Akibat pengaruh gaya sentritugal logam cair akan terdistribusi ke dinding rongga cetak dan kemudian membeku.

Jenis–jenis pengecoran sentritugal :

a) Pengecoran sentritugal sejati
   Dalam pengecoran sentrifugal sejati, logam cair dituangkan ke dalam cetakan yang berputar untuk menghasilkan benda cor bentuk tabular, seperti pipa, tabung, bushing, cincin, dan lain-lainnya.



Gambar 86. Proses pengecoran sentrifugal sejati
(sumber : google.com)

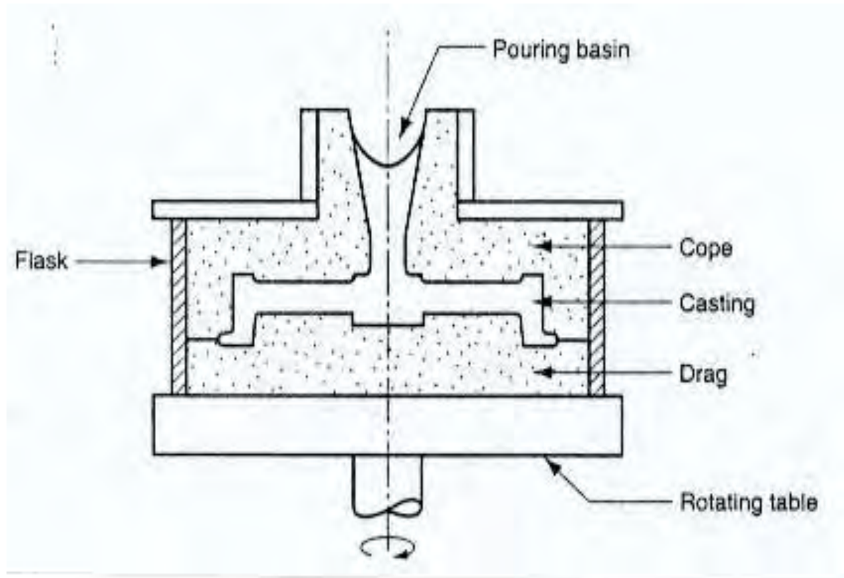
Dalam gambar 4.15 ditunjukkan logam cair dituangkan ke dalam cetakan horisontal yang sedang berputar melalui cawan tuang (*pouring basin*) yang terletak pada salah satu ujung cetakan. Pada beberapa mesin, cetakan baru diputar setelah logam cair dituangkan. Kecepatan putar yang sangat tinggi menghasilkan gaya sentrifugal sehingga logam akan terbentuk sesuai dengan bentuk dinding cetakan. Jadi, bentuk luar dari benda cor bisa bulat, oktagonal, heksagonal, atau bentuk-bentuk yang lain, tetapi sebelah dalamnya akan berbentuk bulatan, karena adanya gaya radial yang simetri.

Karakteristik benda cor hasil pengecoran sentrifugal sejati:

- memiliki densitas (kepadatan) yang tinggi terutama pada bagian luar coran,
- tidak terjadi penyusutan pembekuan pada bagian luar benda cork arena adanya gaya sentrifugal yang bekerja secara kontinu selama pembekuan,
- cenderung ada impuritas pada dinding sebelah dalam coran dan hal ini dapat dihilangkan dengan permesinan.

b) Pengecoran semi sentritugal :

Pada metode ini, gaya sentrifugal digunakan untuk menghasilkan coran yang pejal (bukan bentuk tabular). Cetakan dirancang dengan *riser* pada pusat untuk pengisian logam cair, seperti ditunjukkan dalam gambar 4.16.

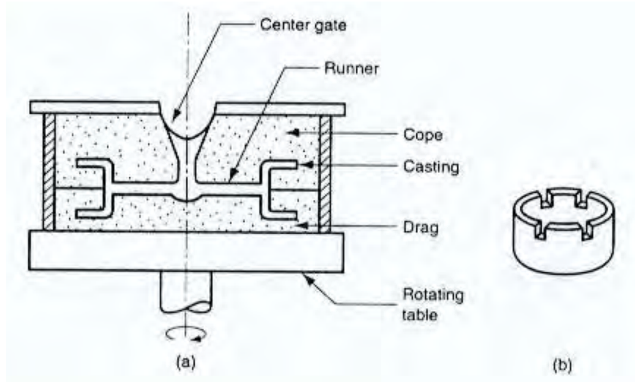


Gambar 87. Proses pengecoran semi sentrifugal
(sumber : google.com)

Densitas logam dalam akhir pengecoran lebih besar pada bagian luar dibandingkan dengan bagian dalam coran yaitu bagian yang dekat dengan pusat rotasi. Kondisi ini dimanfaatkan untuk membuat benda dengan lubang ditengah, seperti roda, puli. Bagian tengah yang memiliki densitas rendah mudah dikerjakan dengan pemesinan.

15) Pengecoran sentrifuge :

Dalam pengecoran sentrifuge cetakan dirancang dengan beberapa rongga cetak yang diletakkan disebelah luar dari pusat rotasi sedemikian rupa sehingga logam cair yang dituangkan ke dalam cetakan akan didistribusikan kesetiap rongga cetak dengan gaya sentrifugal, seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.17.



Gambar 88. Proses pengecoran sentrifuge
(sumber : google.com)

Proses ini digunakan untuk benda cor yang kecil, dan tidak diperlukan persyaratan semetri radial seperti dua jenis pengecoran sentrifugal yang lain. Perbedaan antara sentrifugal sejati, semi sentrifugal, dan sentrifuge ditunjukkan dalam tabel berikut :

Perbedaan antara sentrifugal sejati, semi sentrifugal, dan sentrifuge :

Sentrifugal sejati	Semisentrifugal	Sentrifuge
1. Benda cor memiliki simetri radial. 2. Pusat simetri rongga cetak berada pada pusat rotasi. 3. Digunakan untuk benda cor bentuk tabular.	1. Benda cor memiliki simetri radial. 2. Pusat simetri rongga cetak berada pada pusat rotasi. 3. Digunakan untuk benda cor yang pejal (lubang dibuat belakangan).	1. Tidak dipersyaratkan. 2. Rongga cetak berada diluar pusat rotasi. 3. Digunakan untuk benda cor berlubang/tidak berlubang.

16) Bengkel Cor (*Foundry*)

Merupakan bengkel yang memiliki dapur peleburan logam dan peralatan bantu lainnya seperti ladel, cetakan, dan lain-lainnya.

17) Dapur Peleburan (*Furnace*)

Beberapa jenis dapur peleburan yang sering digunakan dalam bengkel cor adalah:

a) Kupola,
b) Dapur pembakaran langsung (*direct fuel-fired furnance*),
c) Dapur krusibel (*crusibel furnance*),
d) Dapur busur listrik (*electrical-arc furnance*),
e) Dapur induksi (*induction furnance*).

Pemilihan dapur tergantung pada beberapa faktor, seperti :

a) paduan logam yang akan dicor,
b) temperature lebur dan temperature penuangan,
c) kapasitas dapur yang dibutuhkan,
d) biaya investasi,
e) pengoperasian,
f) pemeliharaan,
g) polusi terhadap lingkungan.

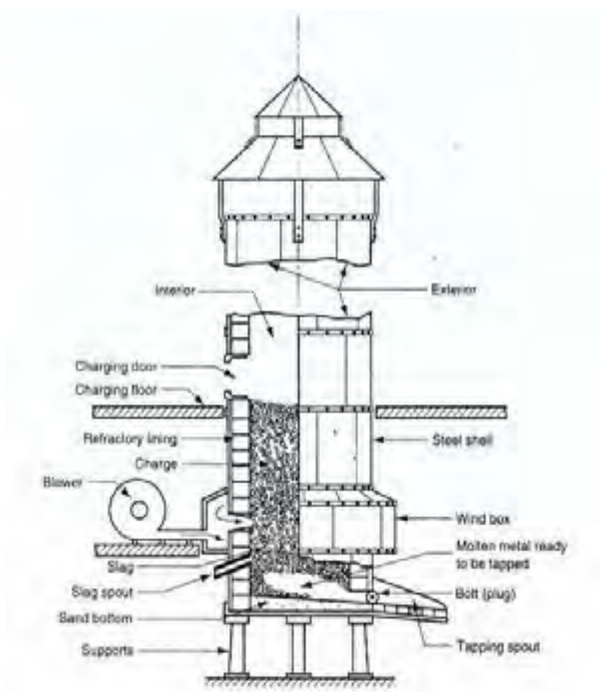
a) Kupola

Kupola adalah dapur yang digunakan untuk melebur besi tuang. Dapur ini berbentuk silindrik tegak, terbuat dari baja dan bagian dalamnya dilapisi dengan batu tahan api, seperti ditunjukkan dalam gambar 4.18.

Sebagai bahan bakar digunakan kokas (*coke*), dan batu kapur digunakan sebagai fluks, sedang bahan bakunya adalah besi bekas dan seringkali ditambahkan besi kasar.

Pengisisan dilakukan melalui *charging door* bergantian antara kokas dan besi. Pembakaran terjadi disekitar pipa hembus sehingga di daerah ini akan terjadi percairan besi dan fluks akan bereaksi dengan abu kokas dan impuritas lainnya membentuk terak. Terak akan mengapung di atas besi cair dan berfungsi sebagai pelindung hingga tidak bereaksi dengan lingkungan di dalam kupola.

Cairan akan dikeluarkan secara berkala bila jumlah cairan sudah cukup banyak. Penambahan bahan baku juga dilakukan secara berkala dan dapur dapat bekerja secara kontinu.



Gambar 89. Kupola yang digunakan untuk peleburan besi tuang

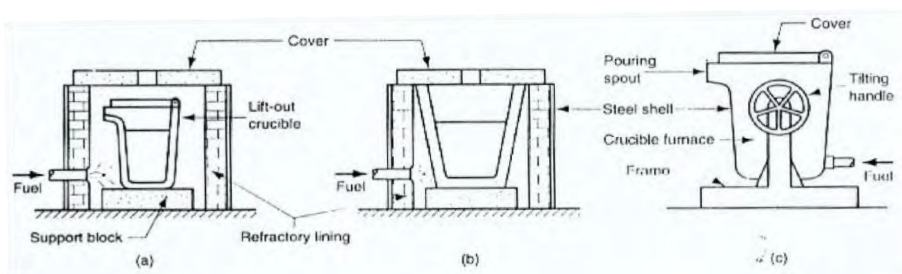
(sumber : google.com)

b) Dapur pembakaran langsung

Dapur pembakaran langsung terdiri dari tungku kecil yang terbuka. Logam yang akan dilebur ditempatkan di dalam tungku tersebut, dan dipanaskan dengan pembakar (*burner*) yang ditempatkan disebelah tungku. Atap dapur membantu pemanasan dengan memantulkan bunga api ke dalam tungku peleburan. Bahan bakar yang digunakan adalah gas alam. Dibagian bawah tungku terdapat lubang saluran untuk mengalirkan logam cair hasil peleburan. Dapur jenis ini biasanya digunakan untuk melebur logam non-besi seperti paduan tembaga dan aluminium.

c) Dapur krusibel (dapur kowi) :

Dapur ini melebur logam tanpa berhubungan langsung dengan bahan pembakaran tidak langsung (*indirect fuel-fired furnance*).



Gambar 90. Tiga jenis dapur krusibel (sumber : google.com)

Dalam gambar 4.19 ditunjukkan 3 jenis dapur krusibel yang biasa digunakan :

- Krusibel angkat (*lift-out crucible*),

  Krusibel ditempatkan didalam dapur dan dipanaskan hingga logam mencair. Sebagai bahan bakar digunakan minyak, gas, dan serbuk batubaru. Bila logam telah melebur, krusibel diangkat dari dapur dan digunakan sebagai label penuangan.

- Pot tetap (*stationary pot*),

  Dapur tidak dapat dipindah, logam cair diambil dari kontainer dengan ladel.

- Dapur tukik (*tilting-pot furnance*).

  Dapat ditukik untuk menuangkan logam cair.

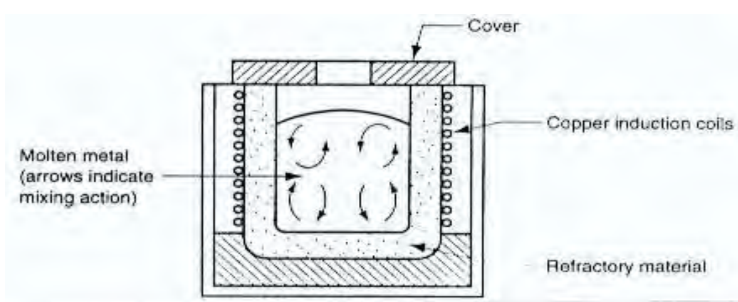
Dapur krusibel digunakan untuk peleburan logam non-besi seperti perunggu, kuningan, paduan seng dan aluminium. Kapasitas dapur umumnya terbatas hanya beberapa ratus pound saja.

d) Dapur busur listrik :

Dalam jenis dapur ini, bahan baku dilebur dengan panas yang dihasilkan dari suatu busur listrik. Biasanya menggunakan dua atau tiga elektroda. Konsumsi daya tinggi, tetapi dapur ini dapat dirancang kapasitas lebur tinggi (25 s/d 50 ton/jam), dan biasanya digunakan untuk pengecoran baja.

e) Dapur Induksi :

Dapur induksi dalam gambar 4.20 menggunakan arus bolak-balik yang dialirkan ke suatu kumparan untuk menghasilkan medan magnit dalam logam, dan dihasilkan arus induksi sehingga terjadi pemanasan dan peleburan logam yang sangat cepat.



Gambar 91. Dapur induksi (sumber : google.com)

Keuntungan dapur induksi

- pemanasan dan peleburan sangat cepat,
- medan gaya elektromagnetik menyebabkan terjadinya pencampuran logam cair,
- logam cair homogen,
- karena tidak terjadi kontak dengan elemen pemanas, maka kondisi lingkungan peleburan dapat dikontrol dengan baik,
- logam cair yang dihasilkan memiliki kualitas dan kemurnian yang tinggi.

Penggunaan :

- peleburan baja,
- peleburan besi tuang,
- peleburan paduan aluminium, dan - semua paduan yang lain.

Catatan :

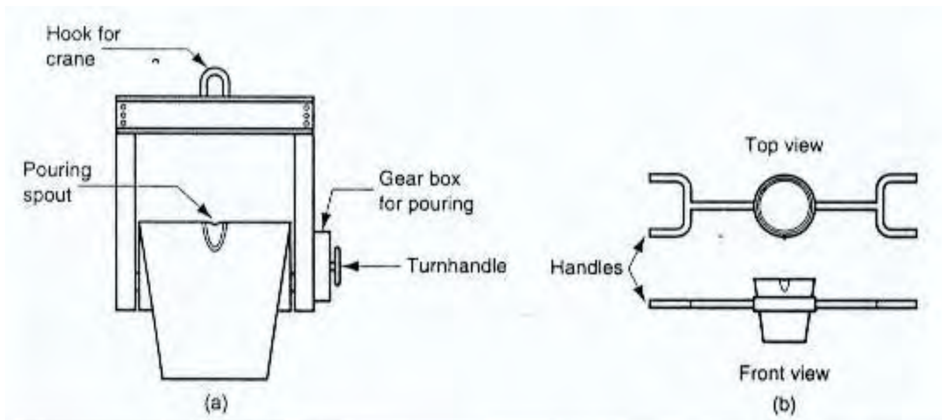
- Arus listrik AC melewati kumparan → medan magnit yang berubah-ubah → gaya gerak listrik ($E = BVL$) pada bahan baku logam.
- Bahan baku logam satu sama lain saling bersentuhan → loop tertutup → arus listrik → panas ($H = I\ 2\ R\ t$) → bahan baku logam mencair.
- Adanya arus dan medan magnet dalam bahan baku logam → gaya gerak mekanik ($F = BIL$) → bahan baku logam bergerak → pencampuran logam cair homogen.

18) Penuangan, Pembersihan, dan Perlakuan panas

Pemindahan logam cair dari dapur peleburan ke cetakan dapat dilakukan dengan :

a) krusibel, dan

b) ladel (lebih umum digunakan), seperti dapat dilihat dalam gambar 4.21.



Gambar 92. Dua jenis ladel yang umum digunakan (a) ladel kran, dan (b) ladel dua orang (sumber : google.com)

Masalah yang sering terjadi dalam proses penuangan adalah oksidasi logam cair yang masuk ke dalam cetakan sehingga dapat mengurangi kualitas produk. Untuk menghindari oksidasi tersebut dapat dilakukan dengan :

a) menggunakan saringan (*filter*) untuk menghalangi masuknya oksida dan impuritas yang lain,
b) menggunakan fluks untuk menutupi logam cair sehingga oksidasi dapat dihambat,
c) ladel dilengkapi saluran tuang (*pouring spout*) yang bentuknya sedemikian rupa, sehingga pada waktu penuangan logam cair yang keluar adalah logam cair bagian bawah, sedang oksida mengapung di atas.

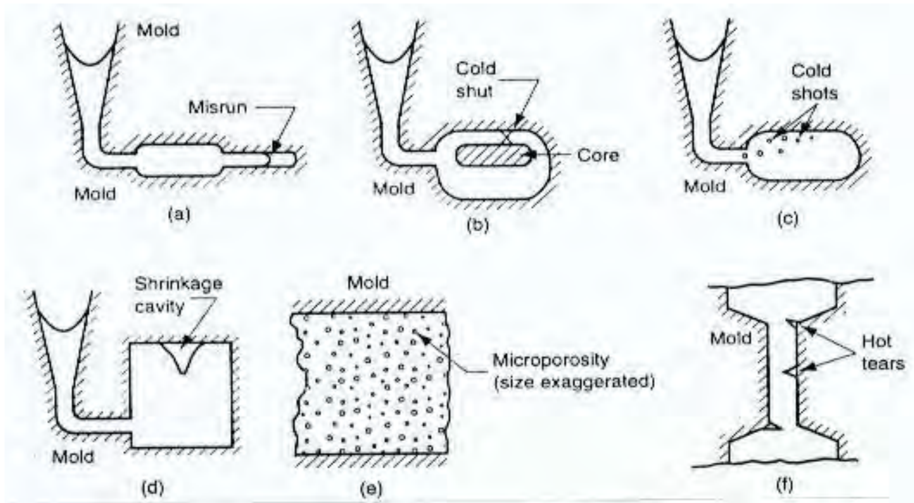
Setelah produk coran membeku dan dikeluarkan dari cetakan, biasanya dilakukan beberapa tahapan pekerjaan lanjutan yaitu :

a) pemangkasan (*trimming*),
b) pelepasan inti,
c) pembersihan permukaan,
d) pemeriksaan,
e) perbaikan (*repair*) bila diperlukan,
f) perlakuan panas.

Tahapan (1) s/d (5) termasuk pekerjaan pembersihan pada bagian foundry, sedang perlakuan panas dilakukan bila diperlukan perbaikan sifat mekanik produk.

19) Kualitas pengecoran

Gambar 4.22 menunjukkan beberapa jenis cacat yang sering terjadi pada proses pengecoran adalah :



Gambar 93. Beberapa jenis cacat yang sering terjadi dalam coran

(sumber : google.com)

a) Pembekuan dini (*misrun*), yaitu pembekuan yang terjadi sebelum seluruh pengisian rongga cetak selesai.
   Penyebab terjadinya pembekuan dini :

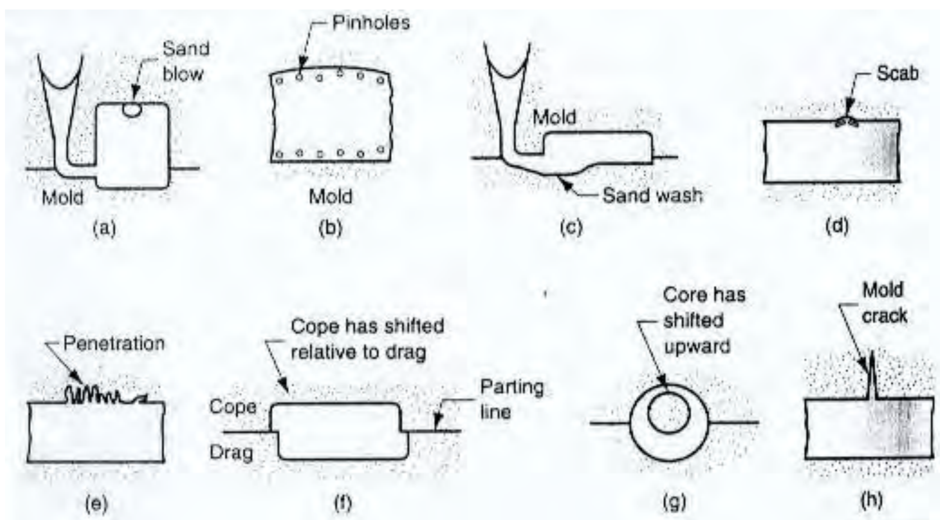
   - Fluiditas logam cair kurang,
   - Temperatur penuangan terlalu rendah,
   - Penuangan terlalu lambat,
   - Beberapa bagian rongga cetak terlalu sempit.

b) Penyumbatan (*cold shut*), terjadi bila dua bagian logam mengalir bersama, tetapi terdapat perbedaan suhu pembekuan antara keduanya. Penyebabnya sama dengan pembekuan dini.

   - Butiran dingin (*cold shot*), percikan yang terjadi pada saat penuangan memyebabkan terbentuknya gelembung padat dan terperangkap dalam cetakan. Untuk menghindari hal tersebut harus dirancang prosedur penuangan dan sistem saluran masuk yang lebih baik.

- Rongga penyusutan (*shrinkage cavity*), cacat yang terjadi akibat pembekuan yang tidak bersamaan sehingga sebagian logam cair masih tertinggal dan membeku belakangan. Ini sering terjadi dekat bagian atas cetakan. (lihat gambar 4.22).
- Mikroporisitas, kekosongan-kekosongan kecil yang menyebar dalam coran akibat penyusutan pembekuan logam cair yang terakhir pada struktur dendritik.
- Keretakan (hot tearing/hot cracking), terjadi pada tahap akhir dari cetakan, tetapi ada bagian yang masih melekat sehingga terpisah dari coran.

Beberapa kerusakan yang berhubungan dengan pemakaian cetakan dapat dilihat dalam gambar 4.23 :



Gambar 94. Beberapa jenis cacat dalam pengecoran dengan cetakan pasir (sumber : google.com)

c) Gas dalam pasir (*sand blow*), rongga gas berbentuk balon yang timbul akibat adanya pelepasan gas cetakan selama penuangan. Hal ini terjadi di dekat permukaan coran, yang disebabkan oleh permeabilitas yang rendah dan kelembaban yang tinggi pada cetakan pasir.

d) Lubang peniti (*pinhole*), lubang – lubang kecil yana terjadi di bawah permukaan cetakan akibat terperangkapnya gas di dalam rongga cetakan.

e) Pengikisan dinding cetakan (*sand wish*), terjadi pada saat logam cair dituang, sehingga bentuk benda cor akan mengikuti bentuk rongga cetak yang terkikis.

f) *Scabs*, daerah kasar pada permukaan benda cor akibat adanya pasir yang terlepas selama penuangan dan tertanam pada permukaan benda cor.

g) Penetrasi, terjadi bila fluiditas logam cair tinggi, sehingga dapat merembus ke dalam cetakan pasir atau inti pasir. Setelah pembekuan, permukaan benda cor terdiri dari campuran butir – butir pasir dan logam.

h) Pergeseran belahan cetakan (*mold shift*), yaitu pergeseran antara kup (bagian atas cetakan) dan drug (bagian bawah cetakan) sehingga menghasilkan benda cor yang tidak sesuai dengan bentuk yang diharapkan.

i) Pergeseran inti (*core shift*), pergeseran serupa terjadi pada inti dan pada umumnya ke arah vertikal.

j) Keretakan cetakan (*mold crack*), terjadi bila kekuatan cetakan tidak memadai sehingga logam cair dapat mengisi celah retakan tersebut.

Metode pemeriksaan pada hasil cetakan dapat dilakukan dengan cara:

a) Pemeriksaan secara visual;

b) Pengukuran dimensi;

c) Pengujian, meliputi :

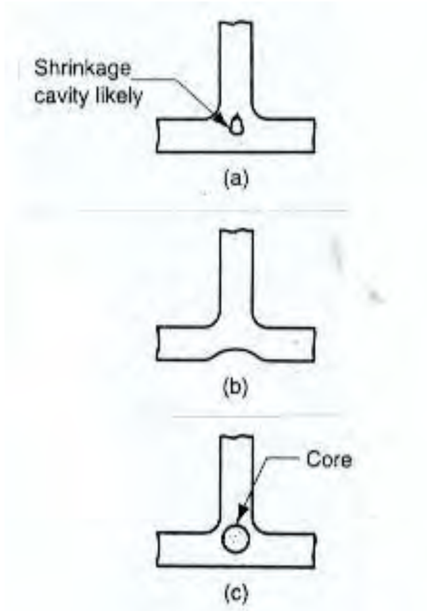
- Pengujian dengan tekanan (udara) untuk mengetahui adanya kebocoran pada benda cor;
- Pengujian radiografi untuk mengetahui cacat pada bagian dalam benda cor;
- Pengujian mekanik untuk mengetahui sifat mekanik benda cor, seperti kekuatan tarik, kekurangan dan lain–lain.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam merencana suatu produk coran :

a) Kesederhanaan geometri, untuk mempermudah pross pernetakan;

b) Pojok/sudut, bagian-bagian yang bersudut tajam harus dihindari karena merupakan pemusatan tegangan yang dapat menimbulkan keretakan benda cor;

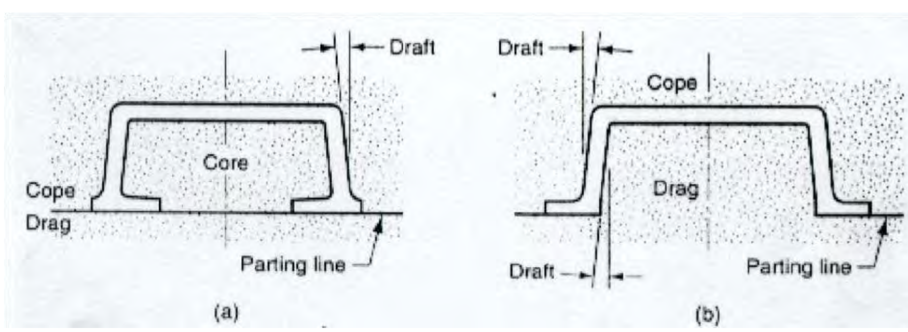
c) Ketebalan, setiap bagian sebaiknya memiliki ketebalan yang merata agar terhindar dari rongga penyusutan; Bagian yang tebal memerlukan waktu yang lebih lama untuk pembekuan dan pendinginannya, sehingga logam cair yang tersisa akan membentuk rongga (lihat gambar 4.24a); Hal ini dapat diatasi dengan merubah desain (gambar 4.24.b) atau menggunakan inti (gambar 4.24.c);



Gambar 95. Bagian yang tebal pada interseksi dapat menimbulkan rongga penyusutan (sumber : google.com)

k) Tirus (*draft*), untuk memudahkan mengeluarkan pola dari dalam cetakan (lihat gambar 4.25);

l) Penggunaan inti, perubahan kecil yang tidak terlalu penting dapat mengurangi penggunaan inti (gambar 4.25);



Gambar 96. Perubahan desain untuk menghindari pemakaian inti (sumber : google.com)

m) Toleransi dimensi dan penyelesaian permukaan, ketelitian dimensi dan penyelesaian permukaan tergantung pada jenis logam dan proses yang digunakan;

n) Kelonggaran pemesinan, untuk beberapa jenis proses pengecoran, agar diproleh dimensi yang lebih akurat perlu dilakukan pemesinan, sehingga desain cetakan harus memperhitungkan kelonggaran untuk proses pemesinan tersebut; Pada umumnya cetakan pasir memerlukan pemesinan.

3. Refleksi

a. Perlakuan panas adalah proses pemanasan dan pendinginan material yang terkontrol dengan maksud merubah sifat fisik untuk tujuan tertentu

b. *Annealing* yaitu proses pemanasan material sampai temperatur austenit lalu ditahan beberapa waktu kemudian pendinginannya dilakukan perlahan-lahan di dalam tungku.

c. *Spheroidized annealing* dilakukan untuk memperbaiki mampu mesin dan memperbaiki mampu bentuk

d. *Isothermal* annealing dilakukan untuk melunakkan baja-baja sebelum dilakukan proses permesinan.

e. *Stress relieving* adalah proses perlakuan panas yang ditujukan untuk menghilangkan tegangan-tegangan yang ada di dalam benda kerja, memperkecil distorsi yang terjadi selama proses perlakuan panas dan mencegah timbulnya retak.

f. Faktor penyebab timbulnya tegangan di dalam benda kerja

   1) Pemesinan

   2) Pembentukan

   3) Perlakuan panas

   4) Pengecoran

   5) Pengelasan

g. Proses *Normalizing* adalah jenis perlakuan panas yang ditujukan untuk memperhalus butir, memperbaiki mampu mesin, menghilangkan tegangan sisa dan juga memperbaiki sifat mekanik baja karbon struktural dan baja-baja paduan rendah.

h. *Hardening* adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras.

i. *Quenching* merupakan proses pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasannya dengan laju pendinginan yang sangat tinggi agar diperoleh kekerasan yang diinginkan

j. *Tempering* adalah proses memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan untuk meningkatkan keuletan baja.

k. Menurut jenis cetakan yang digunakan proses pengecoran dapat diklasifikan menjadi dua katagori :

   1) Pengecoran dengan cetakan sekali pakai.

   2) Pengecoran dengan cetakan permanen.

l. Pola merupakan model benda cor dengan ukuran penuh dengan memperhatikan penyusutan dan kelonggaran untuk pemesinan pada akhir pengecoran.

m. Inti merupakan model dengan skala penuh dari permukaan, dalam benda cor, yang diletakan dalam rongga cetak sebelum permukaan logam cair dilakukan, sehingga logam cair akan mengalir membeku diantara rongga cetak dan inti, untuk membentuk permukaan bagian luar dan dalam dari benda cor.

4. Tes Formatif

a. Jelaskan apa yang dimaksud dengan perlakuan panas !

b. Sebutkan enam proses perlakuan panas penting !

c. Mengapa baja harus dinormalkan ?

d. Apa yang menyebabkan tegangan dalam pada hasil coran ?

e. Apakah tegangan ini dapat dihilangkan seluruhnya, terangkan !

f. Apa yang dimaksud dengan *quenching* ?

g. Ada berapa jenis cetakan pada proses pengecoran dan sebutkan !

h. Apa yang dimaksud dengan pola, jelaskan !

i. Apa yang dimaksud dengan inti, jelaskan !

j. Dari sekian banyak dapur pengolahan baja, dapur mana yang lebih ekonomis untuk industri kecil, jelaskan !

C. Penilaian

Pada Kegiatan Belajar Pembelajaran 4. Perlakuan panas pada logam dan proses pencetakan logam, Penilaian terdiri dari : Penilaian Sikap; Penilaian Pengetahuan

1. Sikap

Penilaian sikap terdiri dari : Penilaian Sikap Spiritual dan Sikap Sosial (Teliti).

Lembaran ini diisi oleh guru/ peserta didik/ teman peserta didik, untuk menilai sikap peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut :

4 = Selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = Sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = Kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dasering tidak melakukan

1 = Tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Petunjuk penskoran

Skor akhir menggunakan skala 1 sampai 4

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus:

$$\frac{Skor}{Skor\ tertinggi} x\ 4 = skor\ akhir$$

Contoh :

Skor diperoleh 14, skor tertinggi 5 x 5 pernyataan = 20, maka skor akhir :

$$\frac{14}{20} x\ 4 = 2{,}8$$

Peserta didik memperoleh nilai

Sangat baik : apabila memperoleh skor 3,20 – 4,00 (80-100)

Baik : apabila memperoleh skor 2,80 – 3,19 (70-79)

Cukup : apabila memperoleh skor 2,40 – 2,79 (60-69)

Kurang : apabila memperoleh skor kurang dari 2,40 (< 60)

a. Sikap Spiritual

Nama Peserta Didik : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Memberi salam pada saat awal dan akhir presentasi sesuai agama yang dianut				
3	Mengucapkan syukur ketika berhasil mengerjakan sesuatu				
4	Berserah diri (tawakal) kepada Tuhan setelah berikhtiar atau melakukan usaha				
5	Memelihara hubungan baik dengan sesama umat ciptaan Tuhan Yang Maha Esa				
Jumlah Skor					

b. Sikap sosial (Teliti)

Nama Peserta Didik : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Teliti dalam membaca buku				
2	Teliti dalam mencari bahan informasi				
3	Teliti dalam membaca bahan informasi				
4	Teliti dalam saat praktik				
5	Teliti dalam dalam membuat laporan / presentasi				
Jumlah Skor					

2. Pengetahuan

Penilaian pengetahuan terdiri dari : Penilaian Tugas dan Penilaian Tes Tertulis

a. Penilaian Tugas

Penilaian tugas berupa penilaian laporan dan atau penilaian presentasi hasil tugas. Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai sikap peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut:

No	**Aspek Yang Dinilai**	**Nilai**			
		1	**2**	**3**	**4**
1	Pemahaman materi pada buku teks	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
2	Hasil pengumpulan informasi	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
3	Penyusunan laporan	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
4	Presentasi	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami

Nama Peserta Didik : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor				Nilai
		1	2	3	4	
1	Pemahaman materi pada buku teks					
2	Hasil pengumpulan informasi					
3	Penyusunan laporan					
4	Presentasi					
Jumlah Skor						

$$\text{Nilai tes tertulis peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor tertinggi}} \text{ x } 100$$

Catatan : Apabila tidak menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 3 x 4 = 12. Sedang apabila menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 4 x 4 = 16

Kegiatan Pembelajaran 5. Korosi dan Pencegahannya

A. Deskripsi

Pernahkah kalian melihat karat pada tiang lampu penerangan jalan? Atau atap besi yang berlubang karena karat? Semua itu terjadi karena adanya korosi pada logam. Lalu bagaimana agar tidak timbul korosi atau mencegah agar korosi itu tidak menyebar luas?

Untuk lebih jelasnya mari kita pelajari lebih janjut pada materi berikut.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

a. Siswa mengetahui dan memeahami apa itu korosi dan penyebabnya

b. Siswa mengetahui bentuk korosi pada logam

c. Siswa mengetahui dan memahami bagaimana cara mencegah korosi

2. Uraian Materi

Pengertian korosi

a. Pengertian Korosi

Korosi adalah reaksi redoks (reduksi-oksidasi) antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tak dikehendaki. Dalam bahasa sehari-hari, korosi disebut perkaratan.

Contoh korosi yang paling lazim adalah perkaratan besi. Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami

reduksi. Karat pada logam umumnya adalah berupa oksida dan karbonat. Rumus kimia karat besi adalah $Fe_2O_3 . xH_2O$, suatu zat padat yang berwarna coklat kemerahan yang bersifat rapuh dan berpori.

Dampak dari peristiwa korosi bersifat sangat merugikan. Contoh nyata adalah keroposnya jembatan, bodi mobil, ataupun berbagai konstruksi dari besi lainnya. Siapa di antara kita tidak kecewa bila bodi mobil kesayangannya tahu-tahu sudah keropos karena korosi? Pasti tidak ada. Karena itu, sangat penting bila kita sedikit tahu tentang apa korosi itu, sehingga bisa diambil langkah-langkah antisipasi.



Gambar 97. Pacul yang berkarat (sumber : google.com)

Korosi merupakan proses elektrokimia. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi itu berlaku sebagai anode, di mana besi mengalami oksidasi.

Reaksi reduksi-oksidasi pada anoda :

$Fe(s) \leftrightarrow Fe2+(aq) + 2e\ E^{o} = +0.44\ V$

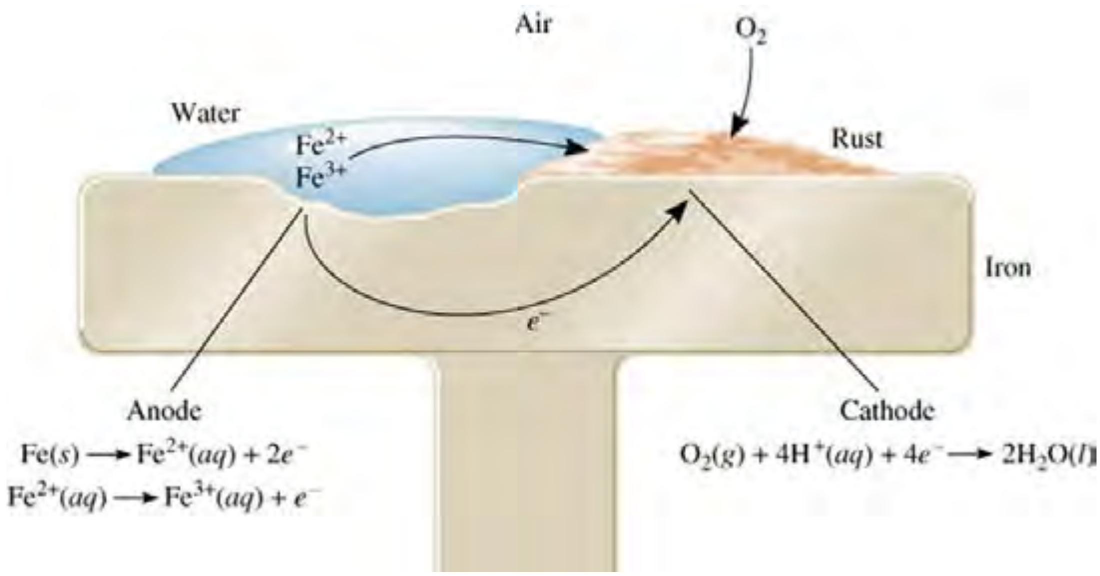
Elektron yang dibebaskan di anode mengalir ke bagian lain besi itu yang bertindak sebagai katode, di mana oksigen tereduksi.

Reaksi reduksi-oksidasi pada katoda :

$O2(g) + 2H2O(l) + 4e \leftrightarrow 4OH-(aq)$ Eº = +0.40 V

atau

$O2(g) + 4H+(aq) + 4e \leftrightarrow 2H2O(l)$ Eº = +1.23 V



Gambar 98. Proses terjadinya karat (sumber : chemistry.org)

Ion besi(II) yang terbentuk pada anode selanjutnya teroksidasi membentuk ion besi(III) yang kemudian membentuk senyawa oksida terhidrasi, $Fe_2O_3 . xH_2O$, yaitu karat besi. Mengenai bagian mana dari besi itu yang bertindak sebagai anode dan bagian mana yang bertindak sebagai katode, bergantung pada berbagai faktor, misalnya zat pengotor, atau perbedaan rapatan logam itu.

Dari reaksi terlihat bahwa korosi melibatkan adanya gas oksigen dan air. Karena itu, besi yang disimpan dalam udara yang kering akan lebih awet bila dibandingkan ditempat yang lembab. Korosi pada besi ternyata

dipercepat oleh beberapa faktor, seperti tingkat keasaman, kontak dengan elektrolit, kontak dengan pengotor, kontak dengan logam lain yang kurang aktif (logam nikel, timah, tembaga), serta keadaan logam besi itu sendiri (kerapatan atau kasar halusnya permukaan).

b. Faktor-faktor yang Menyebabkan Korosi Besi

Korosi besi memerlukan oksigen dan air. Bila salah satu tidak ada, maka peristiwa korosi tidak dapat terjadi. Korosi dapat dicegah dengan melapisi besi dengan cat, oli, logam lain yang tahan korosi (logam yang lebih aktif seperti seg dan krom). Penggunaan logam lain yang kurang aktif (timah dan tembaga) sebagai pelapis pada kaleng bertujuan agar kaleng cepat hancur di tanah. Timah atau tembaga bersifat mampercepat proses korosi.

c. Pengaruh Logam Lain terhadap Korosi Besi

Dari kehidupan sehari-hari kita ketahui bahwa besi yang dilapisi dengan zink "tahan karat", sedangkan besi yang kontak dengan tembaga berkarat lebih cepat.

Hal itu terjadi karena potensial reduksi besi lebih negatif daripada tembaga timah (E^o Fe = -0,44 volt; E^o Cu = +0,34 volt). Sehingga besi akan cepat berkarat.

d. Cara-cara Pencegahan Korosi Besi

Besi adalah logam yang paling banyak dan paling beragam penggunaannya. Hal ini terjadi karena beberapa hal, diantaranya:

a) Kelimpahan besi di kulit bumi cukup besar,

b) Pengolahan relatif mudah dan murah, dan

c) Besi mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah dimodifikasi

Salah satu kelemahan besi adalah mudah mengalami korosi. Korosi menimbulkan banyak kerugian karena mengurangi umur pakai berbagai barang atau bangunan yang menggunakan besi atau baja. Sebenarnya korosi dapat dicegah dengan mengubah besi menjadi baja tahan karat (stainless steel), akan tetapi proses ini terlalu mahal untuk kebanyakan penggunaan besi. Inti dari pencegahan korosi adalah menghindarkan besi agar tidak kontak langsung dengan air atau udara.

Cara-cara pencegahan korosi besi, yaitu :

1) Pengecatan.

   Jembatan, pagar dan railing biasanya dicat. Cat menghindarkan kontak dengan udara dan air. Cat yang mengandung timbal dan *zink* (seng) akan lebih baik, karena keduanya melindungi besi terhadap korosi.



Gambar 99. Pengecatan pada logam (sumber : google.com)

2) Pelumuran dengan Oli atau Gemuk.

Cara ini diterapkan untuk berbagai perkakas dan mesin. Oli dan gemuk mencegah kontak dengan air.

3) Pembalutan dengan Plastik.

Berbagai macam barang, misalnya rak piring dan keranjang sepeda dibalut dengan plastik. Plastik mencegah kontak dengan udara dan air.



Gambar 100. Rak piring berbahan besi dilapisi plastik

(sumber : google.com)

4) *Tin Plating* (pelapisan dengan timah).

Kaleng-kaleng kemasan terbuat dari besi yang dilapisi dengan timah. Pelapisan dilakukan secara elektrolisis, yang disebut *tin plating*. Timah tergolong logam yang tahan karat. Akan tetapi, lapisan timah hanya melindungi besi selama lapisan itu utuh (tanpa cacat).

Apabila lapisan timah ada yang rusak, misalnya tergores, maka timah justru mendorong/mempercepat korosi besi. Hal itu terjadi karena potensial reduksi besi lebih negatif daripada timah (E^o Fe = -0,44 volt; E^o Sn = -0,14 volt). Oleh karena itu, besi yang dilapisi dengan timah akan membentuk suatu sel elektrokimia dengan besi sebagai anode.



Gambar 101. Kaleng berbahan logam berlapis timah

(sumber : google.com)

Dengan demikian, timah mendorong korosi besi. Akan tetapi hal ini justru yang diharapkan, sehingga kaleng-kaleng bekas cepat hancur.

5) Galvanisasi (pelapisan dengan *zink*).

   Pipa besi, tiang telpon dan berbagai barang lain dilapisi dengan *zink*. Berbeda dengan timah, *zink* dapat melindungi besi dari korosi sekalipun lapisannya tidak utuh. Hal ini terjadi karena suatu mekanisme yang disebut perlindungan katode. Oleh karena potensial reduksi besi lebih positif daripada *zink*, maka besi yang kontak dengan *zink* akan membentuk sel elektrokimia dengan besi sebagai katode. Dengan demikian besi terlindungi dan *zink* yang mengalami oksidasi. Badan mobil-mobil baru pada umumnya telah digalvanisasi, sehingga tahan karat.



Gambar 102. Pipa air galvanis (sumber : google.com)

6) *Chromium Plating* (pelapisan dengan kromium). Besi atau baja juga dapat dilapisi dengan kromium untuk memberi lapisan pelindung yang mengkilap, misalnya untuk bumper mobil. *Chromium plating* juga dilakukan dengan elektrolisis. Sama seperti zink, kromium dapat memberi perlindungan sekalipun lapisan kromium itu ada yang rusak.

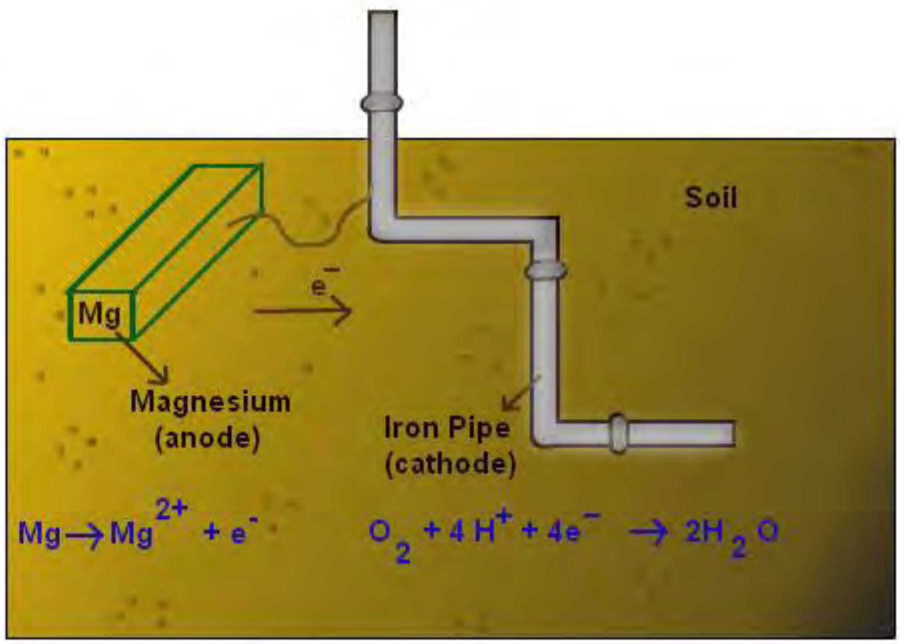


Gambar 103. Rangka motor dilapis krom untuk mencegah karat

(sumber : google.com)

7) *Sacrificial Protection* (pengorbanan anode).

a) Magnesium adalah logam yang jauh lebih aktif (berarti lebih mudah berkarat) daripada besi. Jika logam magnesium itu akan berkarat tetapi besi tidak. Cara ini digunakan untuk melindungi pipa baja yang ditanam dalam tanah atau badan kapal laut. Secara periodik, batang magnesium harus diganti.



Gambar 104. Penggunaan magnesium pada instalasi pipa air

(sumber : chemistry.org)

b) Korosi Aluminium

Aluminium, zink, dan juga kromium, merupakan logam yang lebih aktif daripada besi. Jika demikian, mengapa logam-logam ini lebih awet? Sebenarnya, aluminium berkarat dengan cepat membentuk oksida aluminium (Al_2O_3). Akan tetapi, perkaratan segera terhenti setelah lapisan tipis oksida terbentuk. Lapisan itu melekat kuat pada permukaan logam, sehingga melindungi logam di bawahnya terhadap perkaratan berlanjut.

Lapisan oksida pada permukaan aluminium dapat dibuat lebih tebal melalui elektrolisis, proses yang disebut *anodizing*. Aluminium yang telah mengalami *anodizing* digunakan untuk membuat panci dan berbagai perkakas dapur, bingkai, kerangka bangunan (panel dinding), serta kusen pintu dan jendela. Lapisan oksida aluminium lebih mudah dicat dan memberi warna yang lebih terang.

3. Refleksi

a. Korosi adalah reaksi redoks (reduksi-oksidasi) antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tak dikehendaki

b. Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi

c. Karat pada logam umumnya adalah berupa oksida dan karbonat.

d. Korosi pada besi akan dipercepat oleh beberapa faktor, yaitu:

   1) tingkat keasaman
   2) kontak dengan elektrolit,
   3) kontak dengan pengotor,
   4) kontak dengan logam lain yang kurang aktif (logam nikel, timah, tembaga),
   5) keadaan logam besi itu sendiri (kerapatan atau kasar halusnya permukaan).

e. Cara pencegahan korosi antara lain:

   1) Pengecatan
   2) Pelumuran dengan oli
   3) Pelapisan plastik
   4) Pelapisan dengan timah
   5) Galvanisasi
   6) Pelapisan krom
   7) Pengorbanan logam lain

4. Tes Formatif

a. Jelaskan apa yang dimaksud dengan korosi !

b. Tuliskan reaksi yang terjadi pada besi yang berkarat !

c. Sebutkan faktor-faktor yang mempercepat proses korosi !

d. Bagaimana cara pencegahan korosi !

C. Penilaian

Pada Kegiatan Belajar Pembelajaran 5. Korosi dan pencegahannya, Penilaian terdiri dari : Penilaian Sikap; Penilaian Pengetahuan

1. Sikap

Penilaian sikap terdiri dari : Penilaian Sikap Spiritual dan Sikap Sosial (Teliti).

Lembaran ini diisi oleh guru/ peserta didik/ teman peserta didik, untuk menilai sikap peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut :

4 = Selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = Sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = Kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dasering tidak melakukan

1 = Tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Petunjuk penskoran

Skor akhir menggunakan skala 1 sampai 4

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus:

$$\frac{Skor}{Skor\ tertinggi} x\ 4 = skor\ akhir$$

Contoh :

Skor diperoleh 14, skor tertinggi 5 x 5 pernyataan = 20, maka skor akhir :

$$\frac{14}{20} x\ 4 = 2{,}8$$

Peserta didik memperoleh nilai

Sangat baik : apabila memperoleh skor 3,20 – 4,00 (80-100)

Baik : apabila memperoleh skor 2,80 – 3,19 (70-79)

Cukup : apabila memperoleh skor 2,40 – 2,79 (60-69)

Kurang : apabila memperoleh skor kurang dari 2,40 (< 60)

a. Sikap Spiritual

Nama Peserta Didik : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2	Memberi salam pada saat awal dan akhir presentasi sesuai agama yang dianut				
3	Mengucapkan syukur ketika berhasil mengerjakan sesuatu				
4	Berserah diri (tawakal) kepada Tuhan setelah berikhtiar atau melakukan usaha				
5	Memelihara hubungan baik dengan sesama umat ciptaan Tuhan Yang Maha Esa				
Jumlah Skor					

b. Sikap sosial (Teliti)

Nama Peserta Didik : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Teliti dalam membaca buku				
2	Teliti dalam mencari bahan informasi				
3	Teliti dalam membaca bahan informasi				
4	Teliti dalam saat praktik				
5	Teliti dalam dalam membuat laporan / presentasi				
Jumlah Skor					

2. Pengetahuan

Penilaian pengetahuan terdiri dari : Penilaian Tugas dan Penilaian Tes Tertulis

a. Penilaian Tugas

Penilaian tugas berupa penilaian laporan dan atau penilaian presentasi hasil tugas. Lembaran ini diisi oleh guru, untuk menilai sikap peserta didik. Berilah tanda cek (√) pada kolom skor sesuai sikap yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria (rubrik) sebagai berikut:

No	**Aspek Yang Dinilai**	**Nilai**			
		1	**2**	**3**	**4**
1	Pemahaman materi pada buku teks	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
2	Hasil pengumpulan informasi	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
3	Penyusunan laporan	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami
4	Presentasi	Tidak dipahami	Kurang dipahami	Hampir dipahami	Dipahami

Nama Peserta Didik : …………………………..

Kelas : …………………………..

Tanggal pengamatan : ………………………….

Materi Pokok : ………………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor				Nilai
		1	2	3	4	
1	Pemahaman materi pada buku teks					
2	Hasil pengumpulan informasi					
3	Penyusunan laporan					
4	Presentasi					
Jumlah Skor						

$$\text{Nilai tes tertulis peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor tertinggi}} \text{ x } 100$$

Catatan : Apabila tidak menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 3 x 4 = 12. Sedang apabila menggunakan presentasi, maka Skor Tertinggi adalah = 4 x 4 = 16

III. PENUTUP

Kami berharap buku ini bisa diterima dan dapat memberikan manfaat bagi para pembaca sekaligus menjadi sebuah amal kebaikan bagi penyusun. Buku ini merupakan jilid pertama dalam pembelajaran Ilmu Bahan Teknik bagi siswa SMK yang merupakan prasyarat bagi pembelajaran selanjutnya.

Sebagai edisi pertama, buku ini sangat terbuka dan terus diberi perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Budinski, K.G. dan Budinski M.K., 2010, *Engineering Materials, Properties and Selection*, Pearson Prentice Hall

Surdia, Tata dan Saito, Shinroku, 1992, Pengetahuan Bahan Teknik, Pradnya Paramita, Jakarta

Wargadinata, Arijanto S., 2002, Pengetahuan Bahan, Penerbit Universitas Trisakti

Siregar, T., 2010, Laju Korosi Dan Mekanisme Inhibisi Aluminium Murni Menggunakan Kalium Dan Kalsium Stearat, Jurnal Kimia 4:113-124

Chodijah S., 2008, Efektifitas Penggunaan Pelapis, Universitas Indonesia, Jakarta

http://sanditeknikmesin.blogspot.com/2012/01/besi-tuang.html

http://junihariyanto.blogspot.com/2011/09/pembuatan-besi-tuang.html

http://zahidiadliwaad.blogspot.com/2012/11/peleburan-bijih-besi-dan-dapur-dapur.html

http://kimia123sma.wordpress.com/2010/04/20/korosi-dan-cara-pencegahannya/

http://teknikkimia2001.blogspot.com/2009/02/pengertian-korosi_20.html

http://en.wikipedia.org; diakses pada jam 13.50, tanggal 13 Nopember 2013.